

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет  
Кафедра приладобудування**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **Юрій КИРИЧУК**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології та  
системи точної механіки»**

**спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

**на тему: «Побутовий вимірювач-сигналізатор концентрації газу в повітрі»**

Виконав:

студент 4 курсу, групи ПМ-61

Одайник Дмитро Романович \_\_\_\_\_

Керівник:

Професор кафедри приладобудування

Киричук Юрій Володимирович \_\_\_\_\_

Консультант з технологічного розділу:

Заєць Сергій Сергійович \_\_\_\_\_

Рецензент:

К.т.н., доц.

Шевченко Вадим Володимирович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

				ДП ПМ61 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Розробн.					1	1
Керівн.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПБ Гр. ПМ-61	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Пояснювальна записка  
до дипломного проекту  
на тему: «Побутовий вимірювач-сигналізатор концентрації  
газу в повітрі»**

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Приладобудівний факультет**  
**Кафедра приладобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи точної механіки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій КИРИЧУК

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Одайнику Дмитру Романовичу**

1. Тема проєкту «Побутовий вимірювач-сигналізатор концентрації газу в повітрі», керівник проєкту Киричук Юрій Володимирович, д.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту

Визначення газу типу метан; керування смартфоном по Bluetooth; живлення від батареї типу «крона» 9В; керування мікроконтролером на базі Arduino.

4. Зміст пояснювальної записки

Титульна сторінка; Завдання до дипломного проєкту; Анотація; Зміст; Вступ; 1. Огляд існуючих сигналізаторів витoku газу; 2. Проектно-конструкторський розділ; 2.1 Принципова схема; 2.2 Опис принципу дії датчиків газу; 2.3 Розрахунок датчика MQ-2; 2.4 Симуляція витoku газу; 2.5 Вибір компонентів. 2.5.1 Контролер; 2.5.2 Датчик газу; 2.5.3 Bluetooth модуль; 2.5.4 LCD дисплей; 2.6 Програмування контролера; 3. Технологічний розділ; 3.1. Оцінка рівня технологічності; 3.2 Розрахунок основних показників технологічності; 3.3 Технологічна схема

складання; 3.4 Структурна схема виробу; 3.5 Розмірний ланцюг; Висновок; Список літератури; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Схема(1 арк. ф. А1); Складальне креслення(1 арк. ф. А1); Графіки(1 арк. ф. А1); Моделювання(1 арк. ф. А1).

6. Консультанти розділів проєкту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 21.02.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Отримання теми	21.02.2020	
2	Пошук літератури	13.03.2020–19.03.2020	
3	Придбання компонентів	20.04.2020–26.04.2020	
4	Складання схеми	27.04.2020–3.05.2020	
5	Написання коду	4.05.2020–10.05.2020	
6	Розрахунок датчика та виконання симуляції	11.05.2020–17.05.2020	
7	Розробка креслень	18.05.2020–24.05.2020	
8	Підготовка ПЗ	25.05.2020–31.05.2020	
9	Подання ДП на перевірку керівнику	03.06.2020	

Студент

Дмитро ОДАЙНИК

Керівник

Юрій КИРИЧУК

---

## **Анотація**

Дипломний проект складається з переліку скорочень, вступу, трьох розділів, висновків переліку літератури та додатків. Проект містить 52 сторінки, 29 рисунків, 13 джерел та 9 таблиць.

Метою дипломного проекту було проектування побутового вимірювача-сигналізатора концентрації газу в повітрі. В ході виконання проекту було проведено огляд видів та принципу дії датчиків газу.

В проектно-конструкторському розділі було наведено опис та принцип дії датчиків газу. Були описані основні частини пристрою, проведено симуляцію витоку газу в кімнаті, проведено розрахунок датчика, складено принципову схему пристрою.

В технологічному розділі датчик газу був розрахован на показник технологічності, розроблено технологічну та структурну схеми для складальної одиниці і проведено розрахунок на точність складання.

Ключові слова: датчик газу, Arduino, MQ-2, Bluetooth модуль, дисплей, концентрація, газ.

## **Annotation**

The graduation project consists of a list of abbreviations, introduction, three chapters, conclusion of the list of literature and applications. The project contains 52 pages, 29 figures, 13 sources and 9 tables.

The aim of the diploma project was to design a domestic gas alarm in the air. During the implementation of the project, a review of the types and operation of gas sensors was carried out.

A description and principle of operation of gas sensors were given in the design section. The main parts of the device were described, a gas leak in the room was simulated, a sensor was calculated, a circuit diagram of the device was drawn up.

In the technological section, the gas sensor was designed for an indicator of manufacturability, a technological and structural scheme for an assembly unit was developed, and a calculation was made on the accuracy of the assembly.

Keywords: gas sensor, Arduino, MQ-2, Bluetooth module, display, concentration, gas.

## ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів.....	4
Вступ .....	5
1. Огляд існуючих сигналізаторів витоку газу.....	6
1.1 Загальна будова .....	6
1.2 Історія розвитку .....	7
1.3 Класифікація .....	9
1.4 Особливості установки.....	14
2. Проектно-конструкторський розділ.....	15
2.1 Принципова схема пристрою .....	15
2.2 Опис принципу дії датчиків газу .....	17
2.3 Розрахунок датчика MQ-2.....	22
2.4 Симуляція витоку газу .....	27
2.5 Вибір компонентів.....	33
2.5.1 Контролер .....	33
2.5.2 Датчик газу .....	34
2.5.3 Bluetooth модуль.....	36
2.5.4 Дисплей.....	38
2.6 Програмування контролера Arduino.....	40
3. Технологічний розділ .....	42
3.1 Оцінка рівня технологічності.....	42
3.2 Розрахунок основних показників технологічності .....	42
3.3 Структурна схема складання .....	44
3.4 Технологічна схема складання.....	45
3.5 розрахунок розмірного ланцюга .....	47
Загальний висновок .....	50
Перелік посилань .....	51
Додатки	

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Одаїник				Побутовий вимірювач- сигналізатор концентрації газу в повітрі	Літера	Аркуш	Акрюшів	
Перевір.							3	52	
Реценз.						ПБФ			
Н. Контр.									
Затверд.	Киричук								



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач;

U-напруга B;

Vc – опорна напруга;

VRL – напруга на виході A0;

RL – стійкість до навантаження;

Rs – опір датчика при наявності різних газів;

Ro – опір датчика при концентрації H<sub>2</sub> в 1000 ppm;

K<sub>yN</sub> – коефіцієнт уніфікації складальних одиниць виробу;

K<sub>yn</sub> – коефіцієнт уніфікації деталей виробу;

K<sub>BT</sub> – критерій технологічності;

K<sub>y</sub> – критерій уніфікації;

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Щоб запобігти ймовірність виникнення несприятливих, небезпечних умов, пов'язаних з перевищенням допустимої концентрації різних компонентів газової суміші в повітрі, на об'єктах промислового і побутового призначення встановлюються спеціальні прилади - сигналізатори загазованості[1].

Сигналізатори газу використовують для того, щоб вчасно виявити наявність шкідливих та горючих газів в складі навколишнього повітря. Залежно від моделі, деякі прилади такого типу дають можливість не тільки здобувати про сам факт наявності газів, а й визначати їх склад і дізнаватися їх концентрацію. Більшість моделей газоаналізаторів обладнані спеціальним пристроєм, що дозволяє при виявленні витоку газу не тільки посилати певний сигнал, але і відключати прилади подачі газу в разі критичної концентрації. Газоаналізатори димових газів та інші моделі використовуються в промисловості і комунальному господарстві. Зараз досить часто деякі моделі газоаналізаторів встановлюють і в приватних будинках або на дачах при газифікації об'єкта[2].

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

# 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИГНАЛІЗАТОРІВ ВИТОКУ ГАЗУ

## 1.1 Загальна будова та принцип дії

Дія сигналізатора витоку газу полягає в використанні датчиків різних видів: електромеханічних, оптичних, термомеханічних та інших датчиків, що реагують на різні групи газів[3].

Датчик витоку газу в своєму складі має наступні елементи:

- **Первинні перетворювачі** – датчик, який сприймає і визначає величину концентрації газу в повітрі.
- **Модуль вимірювання** – пристрій, який приймає дані від первинного перетворювача, і порівнює їх з допустимою величиною.
- **Виконавчий механізм** – електромагнітний клапан, який перекриває подачу газу.
- **Джерело живлення** – джерело електричного струму у вигляді акумулятора, гальванічного елемента або мережевого блоку живлення.
- **Корпус пристрою**[3].

### Функції датчиків витоку:

- Звукова і світлова сигналізація.
- Перекриття надходження газу.
- Запуск витяжної системи вентиляції.
- Подача аварійного сигналу на пожежний пульт[3].

При підвищенні концентрації газу в повітрі чутливий елемент датчика змінює свої характеристики, в залежності від його виду.

					<i>ДІП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

При досягненні допустимої межі щільності в повітрі опір датчика змінюється до заданого значення, що є причиною подачі аварійного сигналу[3].

## 1.2 Історія розвитку сигналізаторів витоку газу

Методи виявлення витоку газу стали проблемою після того, як було виявлено вплив шкідливих газів на здоров'я людини. До сучасних електронних датчиків методи раннього виявлення ґрунтувалися на менш точних детекторах[4].

У першій половині 17 століття, коли в Англії стали добувати вугілля в шахтах, то зіткнулися з проблемою загазованості. Для визначення небезпечного рівня загазованості під час роботи шахтарі використовували тонкі свічки, в присутності горючого газу вони горіли яскравіше. Так з'явився перший сигналізатор загазованості[4].

Першим детектором газу в індустріальну епоху була лампа Деві, винайдена сером Хамфрі Деві в 1815 році для виявлення присутності метану в підземних вугільних шахтах. Лампа являє собою масляну, газову або карбідну лампу. У лампі доступ повітря і відведення продуктів горіння полум'я здійснюється через металеві сітки. Товщина дроту, з якого виготовлена сітка, розмір її осередків і теплопровідність матеріалу підібрані таким чином, щоб під час займання горючої газоповітряної суміші, що потрапляє всередину лампи, полум'я не поширювалося назовні і не викликало зовнішнього вибуху газоповітряної суміші[4].

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.1 Лампа Деві

Сучасна ера виявлення газу почалася в 1926-1927 рр. коли д-р Олівер Джонсон розробив датчик каталітичного згоряння. Доктор Джонсон був співробітником Standard Oil Company в Каліфорнії. Він почав дослідження і розробку методу виявлення горючих сумішей в повітрі, щоб допомогти запобігти вибухам в резервуарах для зберігання палива. Демонстраційна модель була розроблена в 1926 році [4].

Перша в світі компанія з виявлення газу Johnson-Williams Instruments. була заснована в 1928 році в Пало-Альто, штат Каліфорнія, доктором Олівером Джонстоном і Філом Вільямсом. Компанія JW Instruments зробила прилади більш компактними і портативними, розробила портативний детектор кисню, а також перший комбінований прилад, який може виявляти як горючі гази / пари, так і інші [4].

До розробки електронних побутових детекторів окису вуглецю в 1980-х і 1990-х роках наявність окису вуглецю виявлялося за допомогою хімічно завареного паперу, яка ставала коричневим при впливі газу [4].

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З тих пір було розроблено багато електронних технологій і пристроїв для виявлення, моніторингу та оповіщення про витік широкого спектра газів [4].

Сучасні сигналізатори загазованості призначені для визначення одного або декількох отруйних газів в приміщенні, наприклад, метану і чадного газу. Такі сигналізатори можуть працювати автономно або від електрики. При низькій концентрації газів вони дають попереджувальний світловий і звуковий сигнал, якщо рівень загазованості критичний, то відбувається увімкнення сирени, перекриття газу, увімкнення вентиляючих пристроїв або відправка сигналу на мобільний телефон [4].

Сигналізатор загазованості в своєму розвитку пройшов шлях від простої свічки до складного пристрою, який продовжують удосконалювати [4].

### 1.3 Класифікація

Датчики витоку газу діляться на декілька видів за певними ознаками.

**За типом виявленого газу:**

- Природного газу.
- Вуглекислого.
- Чадного [3].

Одного універсального датчика, який би міг виявити витік різних видів газів, на сьогоднішній день не існує. Наприклад, гази які легше за повітря, скупчуються вгорі під стелею приміщення, а інші опускаються до підлоги, так як їх вага більше, ніж у повітря. Тому, для виявлення газу в першому випадку датчик витоку газу слід встановлювати вгорі приміщення, а в другому випадку - якомога нижче.

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці умови не підходять для чадного газу, який здатний заповнити всі приміщення з однаковою щільністю[3].

### **За засобом визначення концентрації газу:**

**З чутливим елементом на основі напівпровідника.** Такий датчик містить кремнієву пластину, яка покрита окисом металу тонким шаром. При впливі газу на поверхню цієї пластини плівка окису металу поглинає його, що сприяє зміні внутрішнього опору плівки, в залежності від величини концентрації. Такі датчики широко використовуються в побутових умовах, так як мають просту конструкцію і невисоку вартість. Для застосування в промисловості вони не підходять через невисоку точність, а також низьку швидкість реакції, довгий період відновлення після спрацьовування, необхідність постійного контролю їх справності [3].

**Каталітичний датчик.** Основа роботи полягає в принципі згоряння газу і перетворення його на вуглекислий газ і воду при проходженні повітря з високою концентрацією газу через чутливий елемент. Каталітичний датчик складається з чутливого елемента маленького розміру, який називають «сігістором», «пеллістором» або кулькою. Він представляє собою котушку з обмоткою, яка виготовлена з платиного дроту. На неї спочатку нанесена підкладка з оксиду алюмінію, а зовнішня оболонка з родієвого каталізатора.

Принцип дії полягає в тому, що при проникненні повітря з високою концентрацією газу в каталізатор, він запалюється і нагріває кульку, що призводить до зміни опору платинової обмотки. В залежності від концентрації газу змінюється опір. Каталітичні датчики використовуються на об'єктах промисловості [3].

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

**Інфрачервоні.** Такий датчик витоку газу є компактним малопотужним обладнанням, який застосовується для промислових аналізаторів газу. Ці пристрої характерні високою швидкістю, невеликими експлуатаційними витратами і простим контролем за допомогою функції самодіагностики, яку мають сучасні пристрої з мікропроцесорним керуванням [3].

Принцип дії інфрачервоного датчика полягає в тому, що дві довжини хвилі поглинаються в інфрачервоному діапазоні. Одна з хвиль вважається еталонною, а інша досліджуваною. Два джерела світла з пульсуючими променями випромінюють світло, що проходить через два різні середовища, і повертається назад. Далі, детектор виробляє порівняння сил двох променів, і розраховує концентрацію газу [3].

**По принципу дії сигналізатори газу поділяються на:**

**Дротові.** Для роботи цих датчиків необхідна наявність електричної мережі на 220 вольт. Перевагою є низька вартість і просте обслуговування. До недоліків можна віднести велику витрату електричної енергії при експлуатації, а також залежність від стабільної подачі електроенергії.



Рис.1.2 Дротовий сигналізатор

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



**Бездротові.** Працюють від акумуляторів, що дає можливість застосовувати їх в будь-яких місцях і умовах. Недоліками бездротових моделей є висока вартість, а також велика витрата електроенергії. Тому вони не використовуються на складах і промислових об'єктах [3].



Рис.1.3 Бездротовий сигналізатор

#### **Датчик витоку газу з клапаном**

Велику популярність отримали аналізатори газу з клапаном або запірною арматурою. Під час спрацьовування датчика електричний ланцюг замикається, в результаті подається сигнал на закриття клапану подачі газу [3].



Рис.1.4 Датчик витоку газу з клапаном

Такий датчик витоку найчастіше встановлюється перед бойлером, газовою колонкою, фільтрами і іншим газовим обладнанням. Для установки клапанних датчиків потрібна участь кваліфікованого фахівця [3].

Перевагою такого датчика є те, що запірна арматура практично не підлягає зносу, а також немає необхідності в підведенні електричної мережі. Клапан повертається у вихідне положення вручну [3].

### **Аналізатор газу з модулем GSM інформування**

Сучасні конструкції датчиків можуть додатково забезпечуватися спеціальним бездротовим модулем зв'язку, що дозволяє застосовувати їх спільно з GSM сигналізацією [3].

Після спрацювання чутливого елемента, подається аварійний сигнал на мобільний телефон. Таким чином можна самостійно оперативно запобігти витоку газу.



Рис.1.5 Аналізатор газу з модулем GSM інформування

Крім виявлення витoku газу, GSM модуль може використовуватися з іншими компонентами системи безпеки, і дозволяє підключати інші датчики [3].

### 1.4 Особливості установки

Залежно від виду газу, датчики мають свої особливості по розміщенню їх в приміщенні. Датчик витoku газу природного походження монтується вгорі в 30 см від стелі, так як його вага менше повітря, і він накопичується у верхній частині приміщення [3].

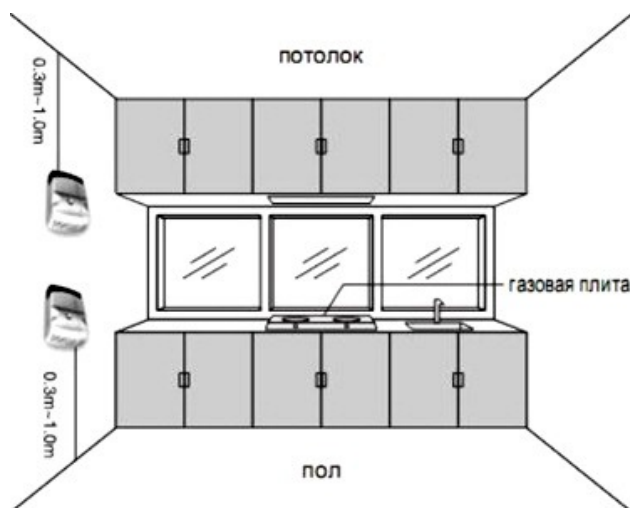


Рис.1.6 Розміщення датчика

#### Необхідно враховувати наступні правила установки:

- Сигналізатори газу повинні встановлюватися поблизу газових плит, балона і іншого газового обладнання.
- Сигналізатори не можна встановлювати в тих приміщеннях, в яких застосовуються різні аерозолі.
- Датчик газу не можна встановлювати біля вікон, дверей, систем вентиляції, де циркуляція повітря більше гранично допустимої величини.

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- Не можна встановлювати сигналізатори в закритому просторі, в якому немає циркуляції повітря.
- Забороняється установка безпосередньо на газових приладах [3].

## 2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Принципова схема пристрою

На рис.1 представлена принципова схема підключення

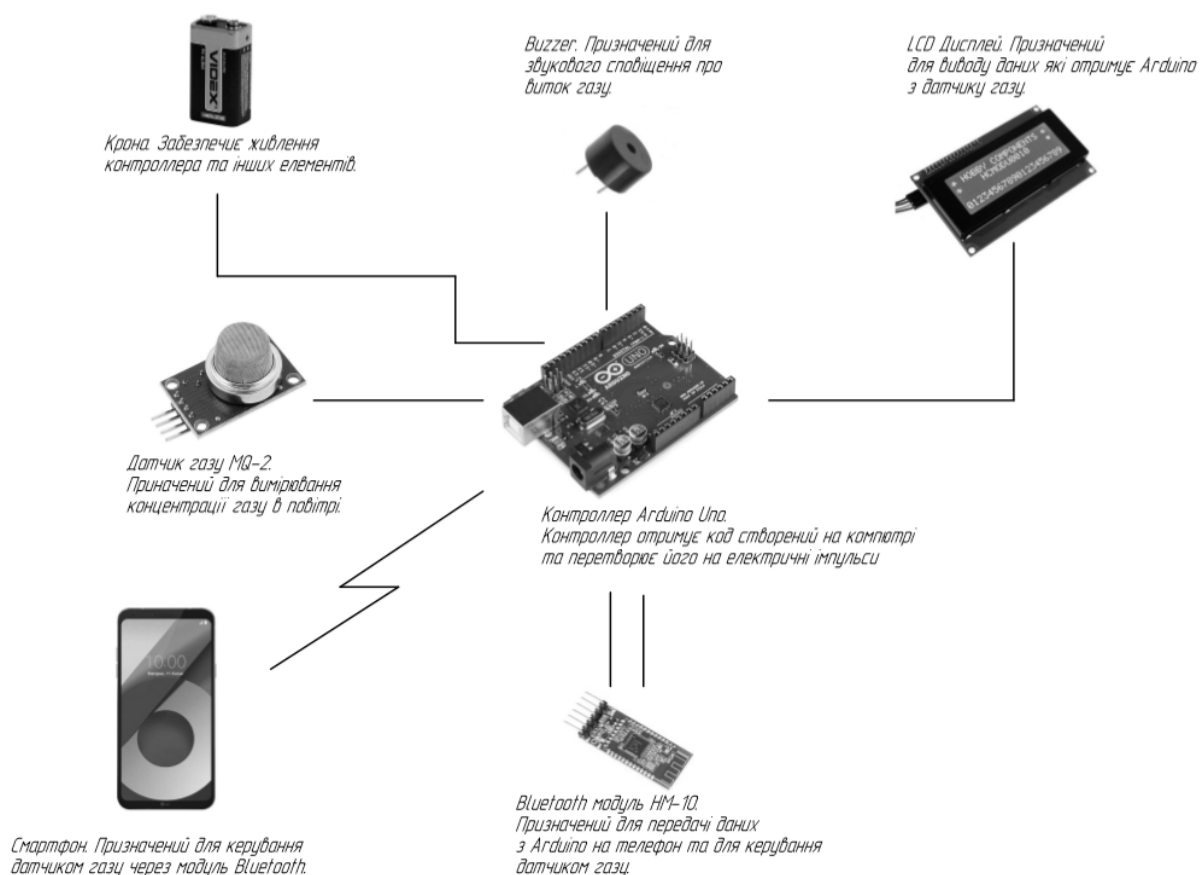


Рис. 2.1 Принципова схема

Керування роботи контролера здійснюється за допомогою смартфона. Контролер з'єднується з смартфоном завдяки bluetooth модулю. При роботі пристрою відбувається обмін інформацією між смартфоном та контролером для забезпечення контролю роботи датчику газу. До контролера підключається датчик газу, модуль, buzzer та дисплей. Buzzer виконує функцію звукової індикації. На дисплей виводяться дані з аналогового виходу Arduino. Живлення забезпечує Батарея 9V Videx Super Heavy Duty 6F22 сольова.

Для керування потрібна програма Arduino Bluetooth, яку можна безкоштовно завантажити з Play Market (Рис.2.1).

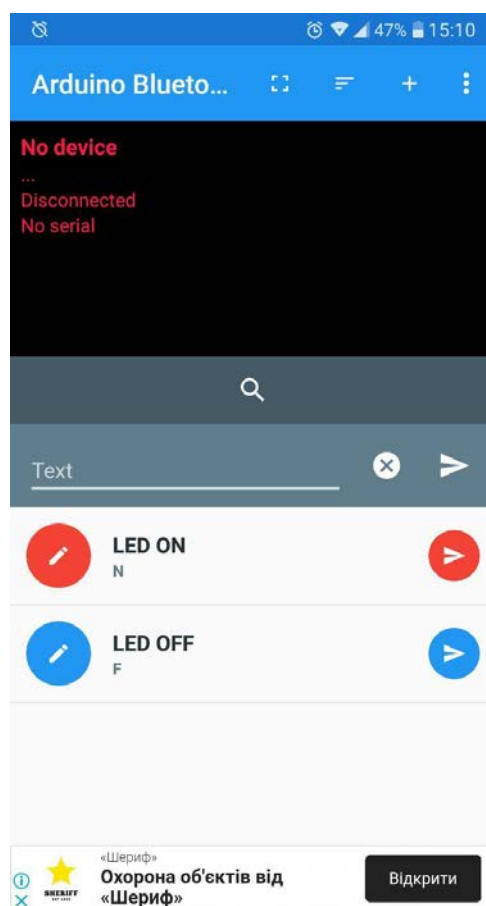


Рис.2.2 Програма Arduino Bluetooth

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## 2.2 Опис принципу дії датчиків газу

Датчик MQ-2 належить до напівпровідникових приладів. Принцип дії датчика заснований на зміні опору тонкоплівкового шару діоксиду олова  $\text{SnO}_2$  при контакті з молекулами газу. Чутливий елемент датчика складається з покритою оксидом алюмінію ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) керамічної трубки і нанесеного на неї чутливого шару діоксиду олова [5].

Всередині трубки проходить нагрівальний елемент, який нагріває чутливий шар до температури, при якій він починає реагувати на визначений газ. Чутливість до різних газів досягається варіюванням складу домішок в чутливому шарі [6].

Чутливий елемент напівпровідникових газоаналізаторів виготовляється з високоактивного оксиду металу, зазвичай  $\text{SnO}_2$  (рис. 2.3). При нагріванні поверхні чутливого елемента до певної температури починається поглинання атомів кисню повітря, в результаті якого вони іонізуються, що призводить до збільшення опору чутливого елемента. При наявності в повітрі газу рівень іонізації атомів кисню зменшується, що призводить до зменшення опору напівпровідника. Таким чином, вимірюючи опір чутливого елемента, можна визначати концентрацію великої кількості газів [6].

					<i>ДІП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

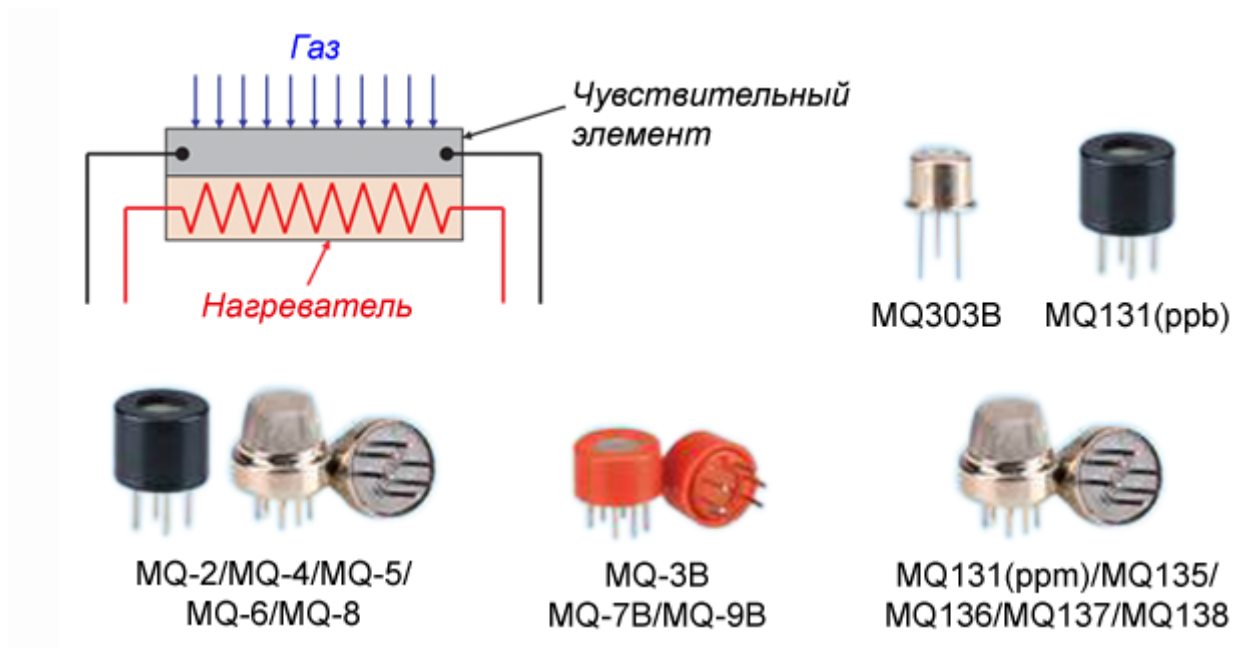


Рис. 2.3 Напівпровідникові газоаналізатори

Недоліками напівпровідникових газоаналізаторів є низька селективність і залежність результатів вимірювань від концентрації кисню в повітрі. До переваг можна віднести простоту, малу масу, габарити і вартість [6].

На сьогоднішній день компанія Winsen надає своїм клієнтам широкий спектр напівпровідникових газоаналізаторів загального призначення (таблиця 2.1 ... таблиця 2.3), за допомогою яких можна визначати концентрацію великої кількості газів [6].

Таблиця 2.1. Характеристики датчиків горючих газів [6].

Найменування	MQ-2 Smoke Sensor	MQ-4 Methane Gas Sensor/ LNG Detection Gas Sensor	MQ-5 LPG Detection Sensor	MQ-6 Propane LPG Flammable Gas Sensor	MQ-8 Hydrogen Sensor
Газ	Легкозаймистий газ, дим	Метан	Зріджений газ, метан	Зріджений газ	Водень
Діапазон вимірювань, ppm	300...10 000 (газ)	300...10 000 (CH <sub>4</sub> )	300...10 000 (CH <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	300...10 000 (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	100...1 000 (H <sub>2</sub> )
Напруга контура, В DC	≤ 24				
Напруга підігрівача, В DC або AC	5 ±0,1				
Потужність підігрівача, мВт	≤ 950				≤ 900
Чутливість	Rs (воздух)/Rs (2000 ppm C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (5 000 ppm CH <sub>4</sub> ) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (2000 ppm C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (2000 ppm C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (1000 ppm H <sub>2</sub> ) ≥ 5
Час прогріву, год	Не менше 48				



Таблиця 2.2. Характеристики датчиків чадного газу і алкоголю [6].

Найменування	MQ-7B Carbon Monoxide Sensor	MQ-9B CO & CH <sub>4</sub> Detection Sensor	MQ3B Semiconductor Alcohol Sensor	MQ303B Semiconductor Alcohol Sensor
Газ	Чадний газ (CO)	Чадний газ (CO), метан (CH <sub>4</sub> )	Етанол (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	
Діапазон вимірювань, ppm	10...500 (CO)	10...500 (CO); 300...10000 (CH <sub>4</sub> )	25...500 (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	
Напруга контура, В DC	≤ 10		≤ 24	≤ 6
Напруга підігрівача, В DC або AC	5 ±0,1 (High temp); 1,5 ±0,1 (Low temp)		5 ±0,1	0,9 ±0,1
Потужність підігрівача, мВт	≤ 900		≤ 900	≤ 140
Чутливість	Rs (воздух)/Rs (150 ppm CO) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (150 ppm CO) ≥ 5; Rs (воздух)/Rs (5000 ppm CH <sub>4</sub> ) ≥ 3	Rs (воздух)/Rs (125 ppm C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (125 ppm C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH) ≥ 3
Час прогріву, год	Не менше 48			

Таблиця 2.3. Характеристики датчиків токсичних газів [6].

Найменування	MQ131 Ozone Gas Sensor		MQ135 Semiconductor Sensor for Air Quality	MQ136 Hydrogen Sulfide Gas Sensor	MQ137 Ammonia Gas Sensor	MQ138 VOC Gas Sensor
Газ	Озон		Аміак, сульфід, бензольні сполучення	Сірководень	Аміак	Толуол, ацетон, етанол, водород
Діапазон вимірювань, ppm	10...10 000 ppm	10...10 000 ppb	10...1 000 ppm (NH <sub>3</sub> , C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> , H <sub>2</sub> , дым)	10...200 ppm (H <sub>2</sub> S)	5...500 ppm (NH <sub>3</sub> )	5...500 ppm
Напруга контура, В DC	$\leq 24$					
Напруга підігрівача, В DC або AC	$5 \pm 0,1$					
Потужність підогревателя, мВт	$\leq 900$		$\leq 950$	$\leq 900$	$\leq 900$	$\leq 900$
Чутливість	$R_s(200 \text{ ppm O}_3)/R_s(\text{воздух}) \geq 2$	$R_s(200 \text{ ppb O}_3)/R_s(\text{воздух}) \geq 2$	$R_s(\text{воздух})/R_s(400 \text{ ppm H}_2) \geq 5$	$R_s(\text{воздух})/R_s(50 \text{ ppm H}_2\text{S}) \geq 3$	$R_s(\text{воздух})/R_s(50 \text{ ppm NH}_3) \geq 2$	$R_s(\text{воздух})/R_s(50 \text{ ppm C}_7\text{H}_8) \geq 2$
Час прогріву, год	Не менше 48 часів					

### 2.3. Розрахунок датчика MQ-2

Після початку роботи датчика ми отримуємо не значення концентрації газу в PPM, а зміст регістра АЦП мікроконтролера. Тим не менше, за цими даними вже можна про щось судити. Для того, щоб отримати ці значення в PPM спочатку треба перевести дані АЦП в вольти. Для цього заміряємо опорну напругу, якою у нас виступає напруга живлення. Мультиметр показав 4,9 вольт. АЦП 10-ти бітний тому у нього всього 1024 значення, тобто при 4,9 вольтах він нам дасть значення 1023. Ділимо 4,9 на 1024 і отримуємо 0,0047 вольт з округленням [7].

$$U = 4,9/1024 = 0,0047 \text{ В}$$

Далі отримане значення множимо на значення АЦП і отримуємо напругу на аналоговому виході А0 в вольтах.

$$VRL = 0,0047 * 130 = 0,6 \text{ В}$$

Переходимо до опору датчика. На платі модуля у нас є резистор, який підтягує наш аналоговий вихід на землю, номіналом 5 Ом. По суті весь модуль є дільником напруги. Формула опору датчику наведена в технічній документації:

$$R_s = (V_c / VRL - 1) \times R_L ,$$

де  $V_c$  – опорна напруга,  $VRL$  – напруга на виході А0,  $R_L$  – стійкість до навантаження [7].

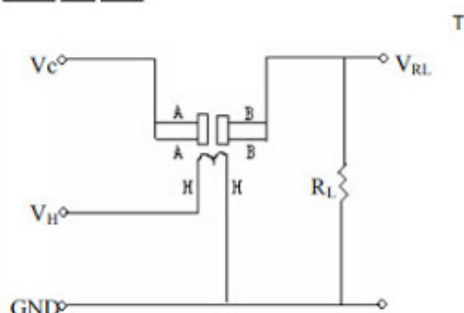
					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Дивимося схему і таблицю.

#### Technical Data

Model No.		MQ-2	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite (Black Bakelite)	
Detection Gas		Combustible gas and smoke	
Concentration		300-10000ppm (Combustible gas)	
Circuit	Loop Voltage	$V_c$	$\leq 24V$ DC
	Heater Voltage	$V_H$	$5.0V \pm 0.2V$ AC or DC
	Load Resistance	$R_L$	Adjustable
Character	Heater Resistance	$R_H$	$31\Omega \pm 3\Omega$ (Room Tem.)
	Heater consumption	$P_H$	$\leq 900mW$
	Sensing Resistance	$R_s$	$2K\Omega - 20K\Omega$ (in 2000ppm $C_3H_8$ )
	Sensitivity	$S$	$R_s(\text{in air})/R_s(1000ppm \text{ isobutane}) \geq 5$
	Slope	$\alpha$	$\leq 0.6(R_{5000ppm}/R_{3000ppm} CH_4)$
Condition	Tem. Humidity	$20^\circ C \pm 2^\circ C$ ; $65\% \pm 5\% RH$	
	Standard test circuit	$V_c: 5.0V \pm 0.1V$ ; $V_H: 5.0V \pm 0.1V$	
	Preheat time	Over 48 hours	

#### Basic test loop



The above is basic test circuit of the sensor. The sensor need to be put 2 voltage, heater voltage ( $V_H$ ) and test voltage ( $V_C$ ).  $V_H$  used to supply certified working temperature to the sensor, while  $V_C$  used to detect voltage ( $V_{RL}$ ) on load resistance ( $R_L$ ) whom is in series with sensor. The sensor has light polarity,  $V_c$  need DC power.  $V_C$  and  $V_H$  could use same power circuit with precondition to assure performance of sensor. In order to make the sensor with better performance, suitable  $R_L$  value is needed:  
Power of Sensitivity body ( $P_s$ ):  
 $P_s = V_c^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$

Рис. 2.4 Технічні характеристики [8]

Після підстановки необхідних даних отримуємо наступне:

$$R_s = (4.9 / 0.6 - 1) * 5 = 35,8 \text{ Ом}$$

Переходимо до формули розрахунку PPM. Для цього знову звертаємося до документації на MQ-2.

**Sensitivity Characteristics**

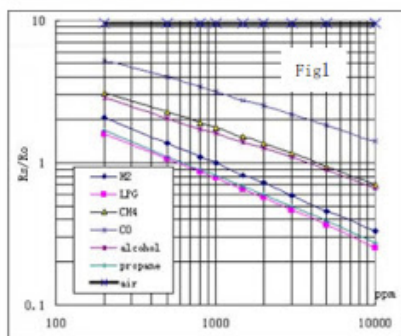


Fig.1 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-2, ordinate means resistance ratio of the sensor ( $R_s/R_o$ ), abscissa is concentration of gases.  $R_s$  means resistance in different gases,  $R_o$  means resistance of sensor in 1000ppm Hydrogen. All test are under standard test conditions.

**Influence of Temperature/Humidity**

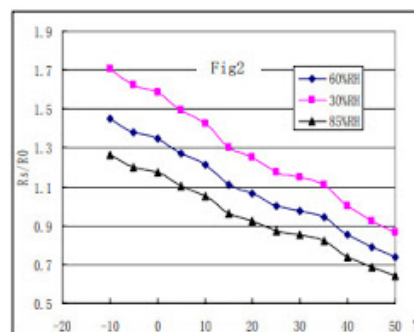


Fig.2 shows the typical temperature and humidity characteristics. Ordinate means resistance ratio of the sensor ( $R_s/R_o$ ),  $R_s$  means resistance of sensor in 1000ppm Butane under different tem. and humidity.  $R_o$  means resistance of the sensor in environment of 1000ppm Methane, 20 $^{\circ}C$ /65%RH

Рис.2.5 Графік залежності PPM від  $R_s / R_o$  [8].

Розрахунок реальної концентрації газу трохи ускладнюється відсутністю виразних контрольних точок, за якими цей графік можна відкоригувати. Також проблема в низькому розширенні зображення, через що доводиться попіксельно визначати контрольні точки. Тому для уточнення розрахунків найбільш наочні значення рознесені на сітку координат.

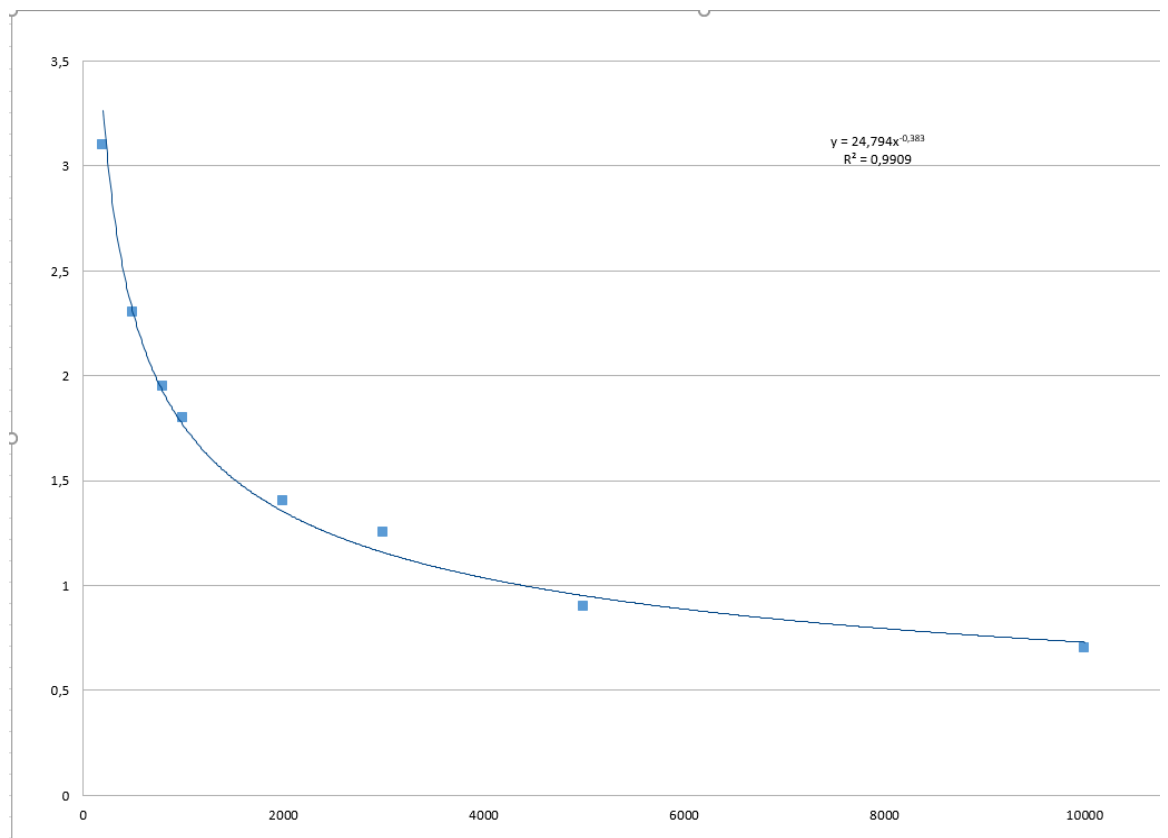


Рис.2.6 Перебудований графік залежності PPM від  $R_s / R_o$  для метана

Для отримання точного значення в PPM датчик потрібно відкалібрувати на чистому повітрі. При калібруванні датчик видає значення  $R_s$ .

Тепер можемо вирахувати  $R_o$ , яке є в співвідношенні  $R_s / R_o$ .

$$R_o = R_s / (R_s / R_o),$$

де  $R_s$  – опір датчика на чистому повітрі.

На чистому повітрі в графіку  $R_s / R_o$  становить приблизно 9.5. Ділимо  $R_s$  на 9.5, отримуємо  $R_o$ .

$$R_o = 35,8 / 9,5 = 3,77 \text{ Ом}$$

Підрахуємо перший кутовий коефіцієнт. Перша точка - це 200 PPM з співвідношенням  $R_s / R_0 = 3$ , друга - 500 PPM з співвідношенням приблизно

2.2. Отримуємо рівняння:

$$K = (2,2-3) / (500-200) = -0,002666$$

Вираховуємо інші коефіцієнти і приступаємо до формули розрахунку, яка має вигляд  $y = kx + b$ , де  $b$  - це зміщення прямої по осі  $Y$ .

Для початку розрахуємо для першого відрізка  $b$ .

$$2.2 = -0.002666 * 500 + b$$

$$b = 3.533$$

Після чого вираховуємо  $b$  для інших відрізків і приступаємо до формування нашого коду для Arduino. Для кожного шматка нам потрібні різні значення двох одних і тих же змінних. Будемо передавати їх через змінні у вигляді аргументів [7].

```
pp = Rs_R0 - b;
ppm = pp/k;
Serial.println(ppm);
}
Rs_R0 = Rs/R0;
if (Rs_R0 > 5.1)
{
Serial.println("<100");
}
else if (4 < Rs_R0 < 5.1)
{
ppm_co(-0.003667, 5.8335);
}
else if (3.1 < Rs_R0 < 4)
{
ppm_co(-0.0018, 4.9);
}
```

```

else if (2.1 < Rs_R0 < 3.1)
{
ppm_co(-0.0005, 3.6);
}
else if (1.9 < Rs_R0 < 2.1)
{
ppm_co(-0.0001, 2.4);
}
else if (1.5 < Rs_R0 < 1.9)
{
ppm_co(-0.00008, 2.3);
}
else
{
Serial.println("you died");
}

```

## 2.4. Симуляція витоку газу

Для того щоб визначити оптимальне розміщення датчика у кімнаті проводиться симуляцію витоку газу. Так як кухонні плити використовують природний газ, буде проведена симуляція витоку метану.

Метан (CH<sub>4</sub>) - найпростіший вуглеводень, при нормальних умовах безбарвний газ без смаку і запаху.

При концентрації в 4,4-17 % вибухонебезпечний, а при концентрації, що перевищує 30 % має слабку наркотичну дію. Метан при хронічному впливі малих концентрацій в повітрі може несприятливо впливає на центральну нервову систему. Токсична дія метану послаблюється його малою розчинністю в воді і крові, а також хімічної інертністю. При використанні в побуті в метан зазвичай додають летючі речовини зі специфічним запахом, щоб людина вчасно помітила витік газу по запаху [9].

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



Для того, щоб зробити симуляцію витоку газу перш за все було створено модель кімнати (рис.2.7). Далі для цієї моделі було задано початкові умови з використанням майстера проекту Flow Simulation.

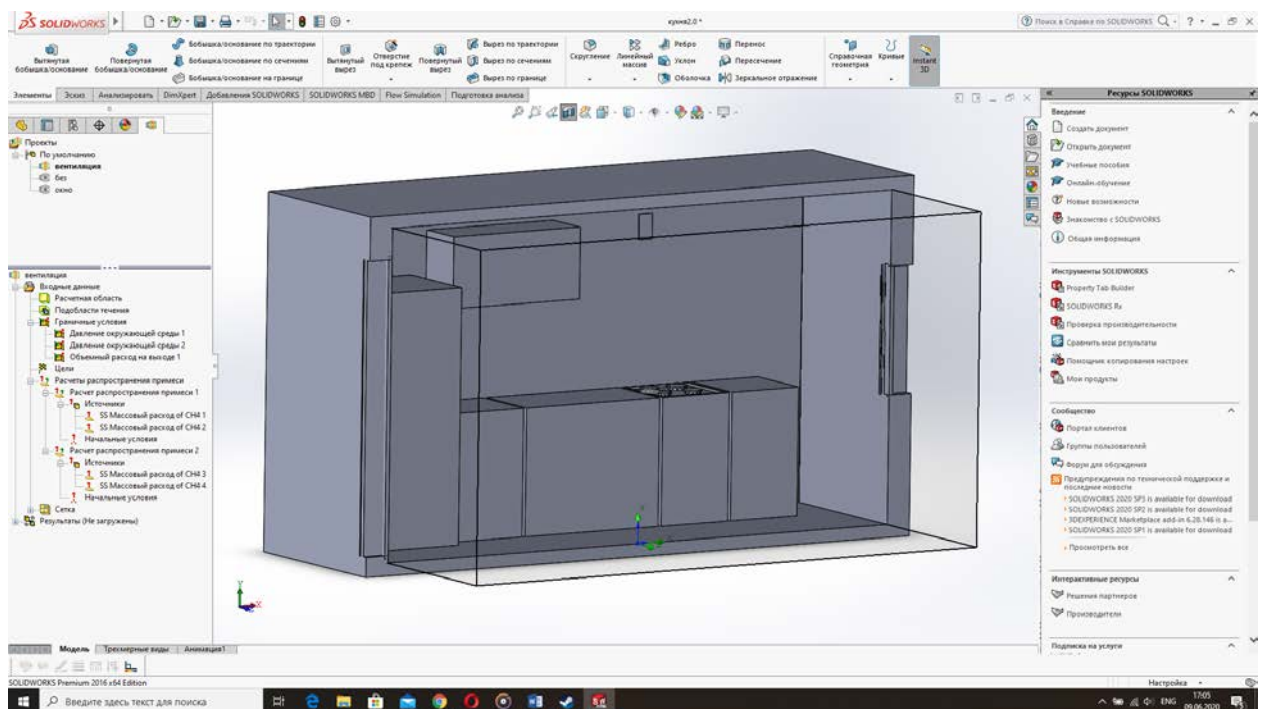


Рис.2.7 3D модель кімнати

Через відсутність метану в інженерній базі даних SolidWorks було задано основні властивості метану, такі як молярна маса та коефіцієнт дифузії (рис.2.8).

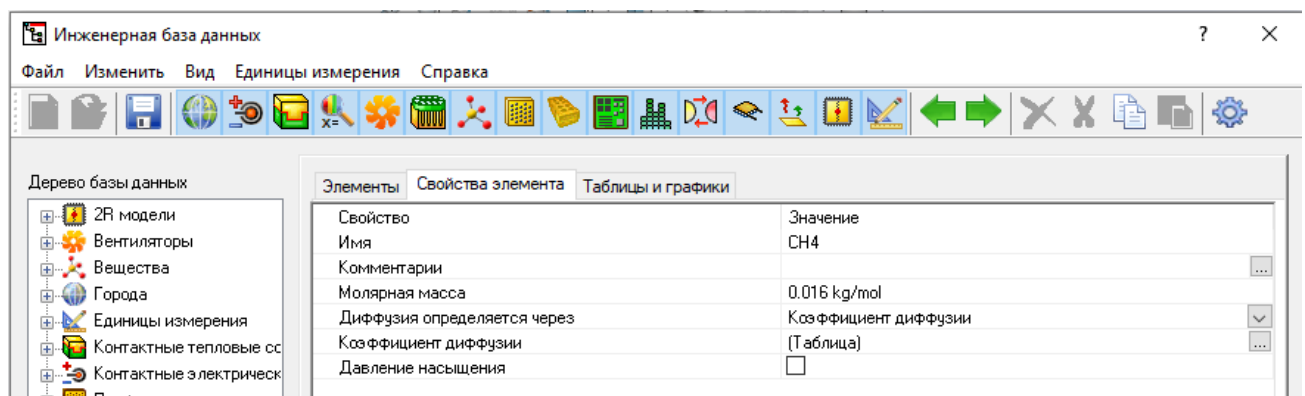


Рис.2.8 Характеристики метану

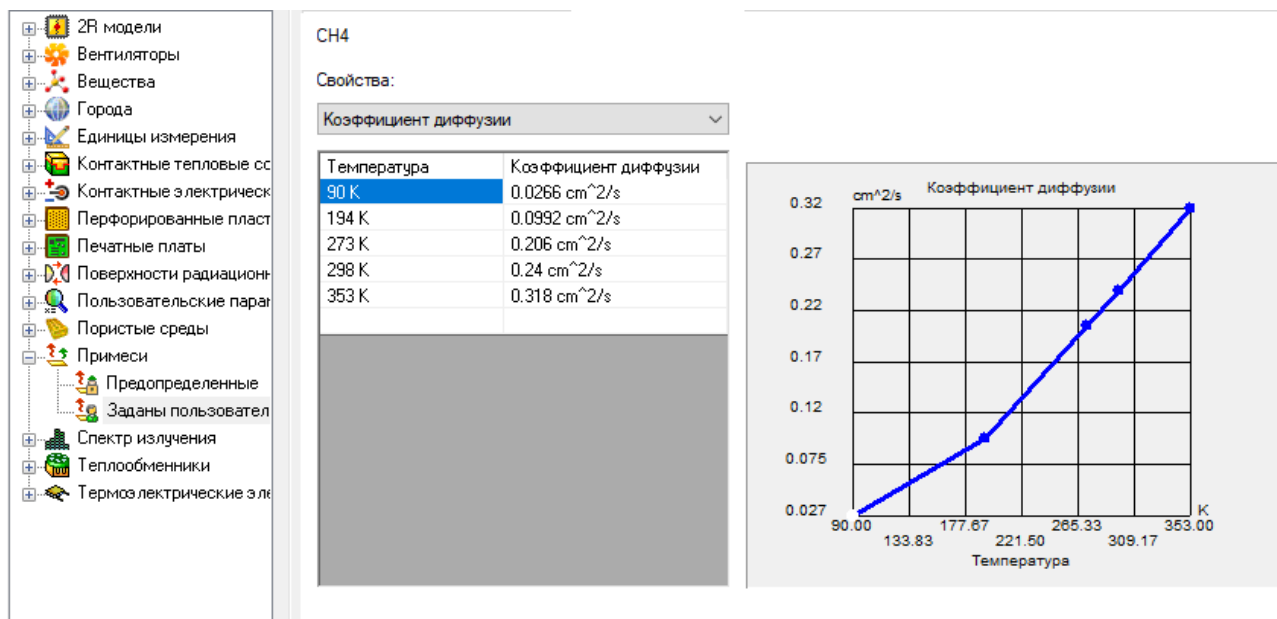


Рис.2.9 Коефіцієнт дифузії метану

Таблиця 2.4. Параметри кімнати та характеристики метану

Назва параметру	Значення параметру
Розмір кімнати	2,6х4,5х2,6м
Масова витрата плити	0.000036 кг/с
Температура в кімнаті	25°C
Тиск	101 325 Па
Молярна маса метану	16,04 г/моль
Час дослідження	10 год
Коефіцієнт дифузії	$2,4 \cdot 10^7$ см²/с

При активній вентиляції та зачиненому вікні масова концентрація метану в більшій частині кімнати невисока. Велика концентрація спостерігається лише біля джерела витoku.

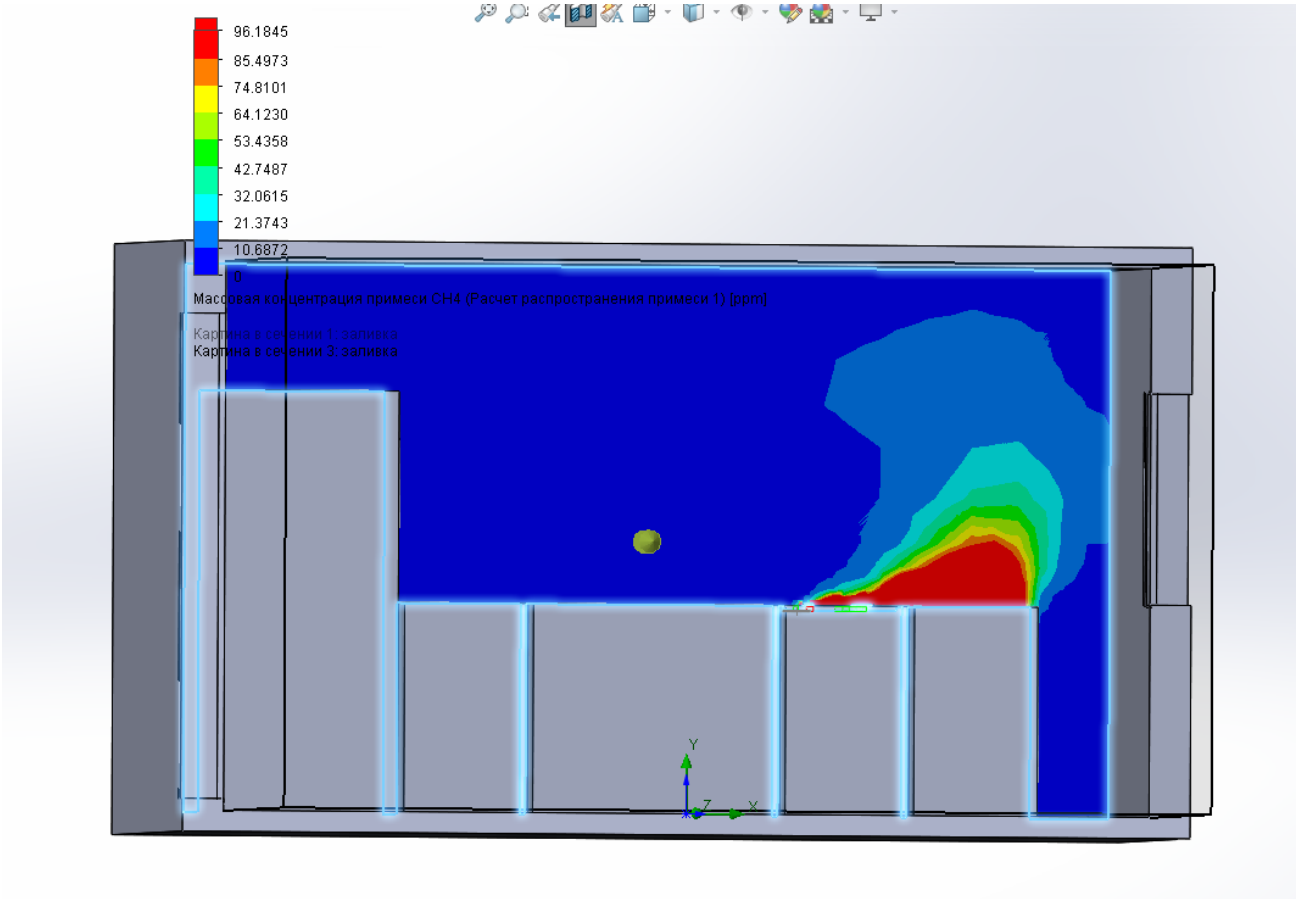


Рис.2.10 Результат дослідження масової концентрації газу при активній вентиляції

При відкритому вікні та вимкненій вентиляції концентрація метану в кімнаті невелика. Велика концентрація спостерігається біля джерела витоку. Газ розповсюджується по кімнаті більш рівномірно.

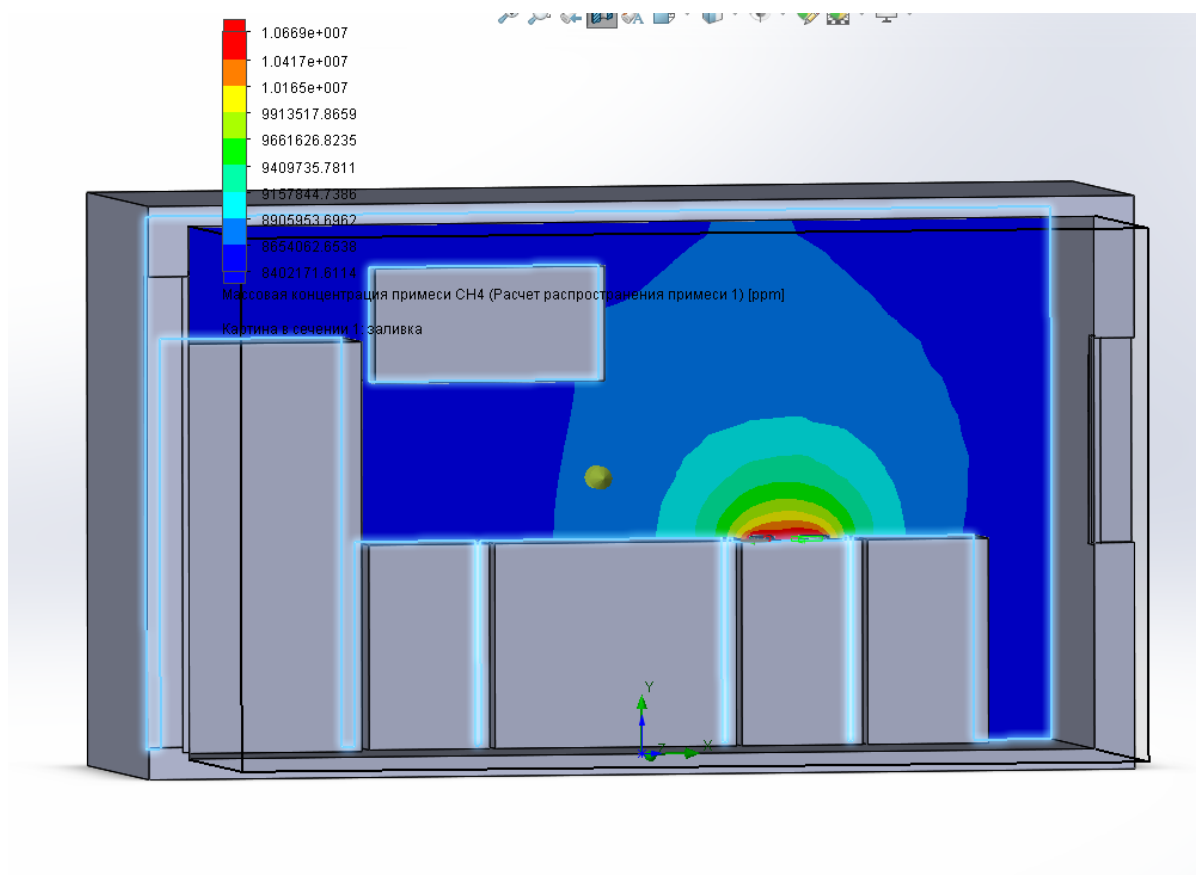


Рис.2.11 Результат дослідження масової концентрації газу при вимкненій вентиляції та відкритому вікні

При вимкненій вентиляції та замкненому вікні майже у всій кімнаті спостерігається велика концентрація газу. Менша концентрація біля вікна через щілини.

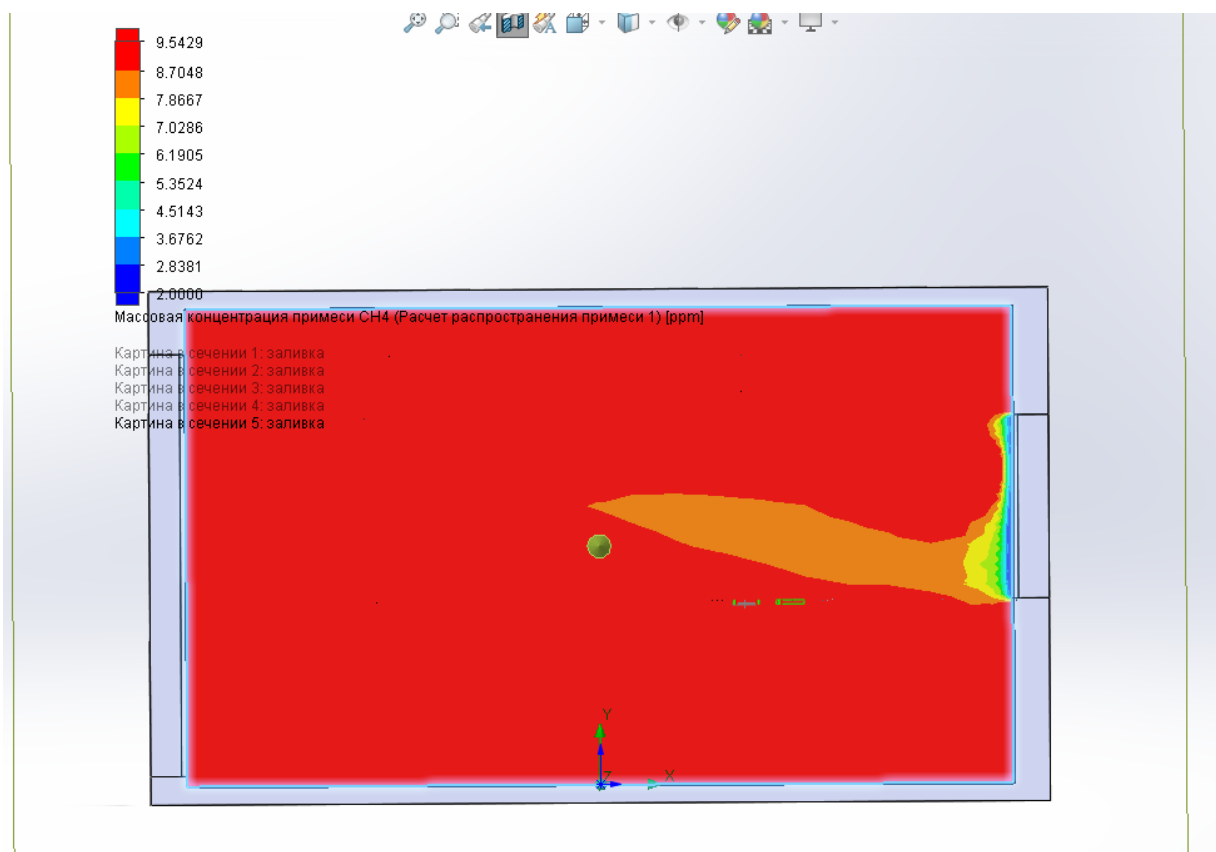


Рис.2.12 Результат дослідження масової концентрації газу при вимкненій вентиляції та замкненому вікні

### Висновок

Було досліджено розповсюдження метану в кімнаті при різних умовах протягом десяти годин. Оптимальне розміщення датчика буде над плитою та під вентиляцією. Концентрація газу в кімнаті велика, але не достатньо, щоб спричинити вибух.

## 2.5. Вибір компонентів

### 2.5.1 Контролер

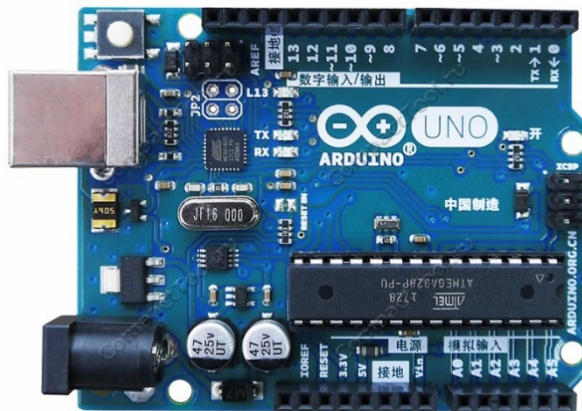


Рис.2.13 Arduino UNO

Arduino Uno - контролер побудований на ATmega328. Платформа має 14 цифрових вход / виходів, 6 аналогових входів, кварцовий генератор 16 МГц, роз'єм USB, силовий роз'єм, роз'єм ICSP і кнопку перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB, або подати живлення за допомогою адаптера AC / DC або батареї [10]. Основні характеристики Arduino Uno наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Основні характеристики Arduino Uno.

Назва параметру		Характеристика
Мікроконтролер		ATmega328
Робоча напруга		5 В
Вхідна напруга (рекомендована)		7-12 В
Вхідна напруга (гранична)		20 В
Цифрові входи/виходи		14
Аналогові входи		6
Вхідний/вихідний	постійний струм	40 мА
Флеш-пам'ять		32 кбайт

ОЗУ	2 кбайт
Тактова частота	16 МГц

Зовнішнє живлення (HE USB) може подаватися через перетворювач напруги AC / DC (блок живлення) або акумуляторною батареєю [10].

Контролер може працювати при зовнішньому живленні від 6 В до 20 В. При напрузі живлення нижче 7 В, вивід 5V може видавати менше 5 В, що призводить до нестабільної роботи платформи. При використанні напруги вище 12 В регулятор напруги може перегрітися та пошкодити плату. Рекомендований діапазон від 7 В до 12 В [10].

### 2.5.2 Датчик газу



Рис.2.14 Датчик MQ-2

Модуль MQ-2 Gas Sensor реагує на наявність в повітрі пропану, метану, бутану, спирту, водню, диму та LPG [5].

Модуль може використовуватися як пристрій для визначення витoku газу, в охоронно-пожежних системах або в проектах автоматизації пристроїв [5].

Особливостями модуля є: швидка реакція на наявність газу і настройка чутливості датчика. Чутливість налаштовується за допомогою потенціометра, розташованого на звороті плати [5].

Таблиця 2.6. Основні характеристики MQ-2.

Напруга живлення	5В
Вихідний сигнал	High/Low та аналоговий
Компаратор	LM393
Споживання енергії	до 800мВт
Розміри	32x22x30 мм

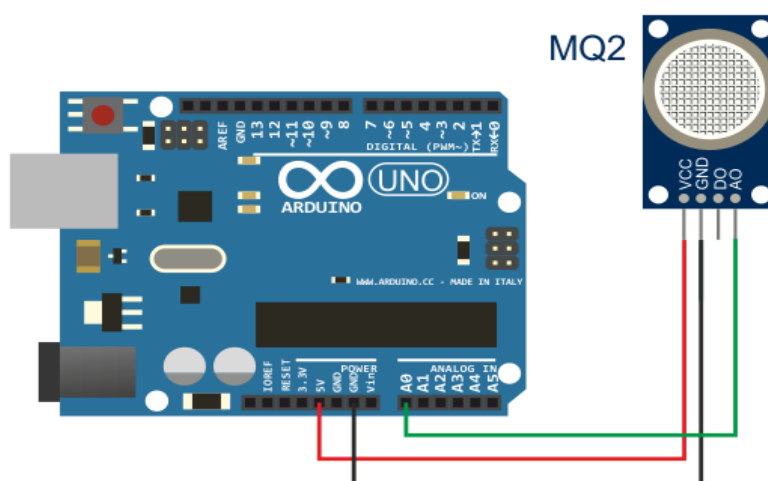


Рис.2.15 Схема підключення MQ-2 до Arduino UNO



### 2.5.3 Bluetooth модуль

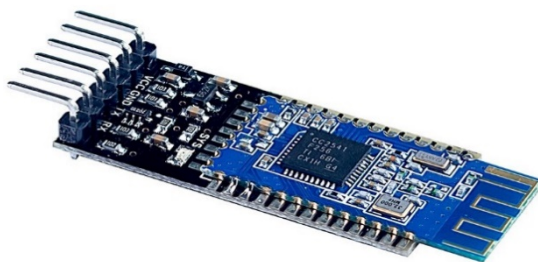


Рис.2.16 HM-10

HM-10 заснований на Bluetooth SOC-чипі CC2540 або CC2541 від Texas Instruments [11].

Таблиця 2.7. Основні характеристики HM-10:

Назва параметру	Характеристика
Використовувана мікросхема	CC2541
Робоча частота	2,4 ГГц
Підтримувані профілі	GAP, GATT, L2CAP, SMP
Споживання в режимі очікування	від 90мкА до 400мкА
Покриття	до 60 м
Напруга живлення	від 3,6 В до 5 В
Антенa	вбудована на друкованій платі
Швидкість передачі	1 Мбіт / с
Чутливість приймача	-94 дБм
Flash-пам'ять	128 кБ
Температурний діапазон	-40 ... + 85 ° C
Максимальна напруга живлення	6В

HM-10 став дуже популярним модулем Bluetooth 4 BLE для використання разом з Arduino. Через наявність стандартного з'єднання UART він легко стикується з Arduino. Керування відбувається за допомогою AT-командами, які відправляються через послідовне з'єднання UART [11].

HM-10 також доступний змонтованим на спеціальній платі, яка виводить ланцюг живлення і сигнали UART на контактний роз'єм, зручний для установки на макетну плату та підключення до інших пристроїв [11].

На платі встановлений стабілізатор живлення 3.3v, що робить модуль HM-10 сумісним з 5. Однак слід пам'ятати, що вивід RX все ще має робочі рівні 3.3v [11].

На платі встановлений світлодіод (LED), який блимає під час очікування з'єднання з частотою 1 Гц. При встановленні зв'язку LED світиться постійно, коли зв'язок розривається він знову починає блимати [11].

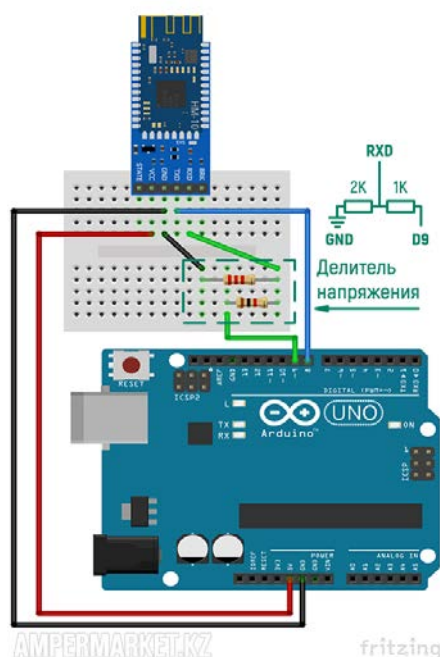


Рис.2.17 Схема підключення HM-1

#### 2.5.4. LCD дисплей



Рис.2.18 LCD дисплей

Рідкокристалічний дисплей (Liquid Crystal Display) LCD 1602 є хорошим вибором для виведення рядків символів в різних проектах [12].

До переваг можна віднести невелику ціну, різні модифікації з різними кольорами підсвічування, можливість завантажити готові бібліотеки для скетчів Arduino [12].

Головним недоліком цього екрану є той факт, що дисплей має 16 цифрових виходів, з яких обов'язковими є мінімум 6. Тому використання цього дисплея без і2с додає серйозні обмеження для плат Arduino Uno або Nano [12].

Таблиця 2.8. Основні характеристики дисплея:

Назва параметру	Характеристика
Розміри	80 x 36 мм
Робоча температура	0 ~ 50 ° C
підсвічування	Блакитне
Колір символів	Білий
Формат	16 x 2
Розміри точки	0.5 x 0.5мм
Інтерфейс	HD44780
Видима область	64.5 x 13.8мм
Живлення	5В
Розмір символу	4.35 x 2.95мм

I2C / ІС (Inter-Integrated Circuit) - це протокол, що спочатку був створений для зв'язку інтегральних мікросхем всередині електронного пристрою. Розробка належить фірмі Philips. В основі і2с протоколу є використання 8-бітної шини, яка потрібна для зв'язку блоків в керуючій електроніці, і системи адресації, завдяки якій можна спілкуватися по одним і тих же дротах з декількома пристроями. Додаючи до пакетів даних ідентифікатор потрібного елемента передаються дані то одного, то іншого пристрою [12].

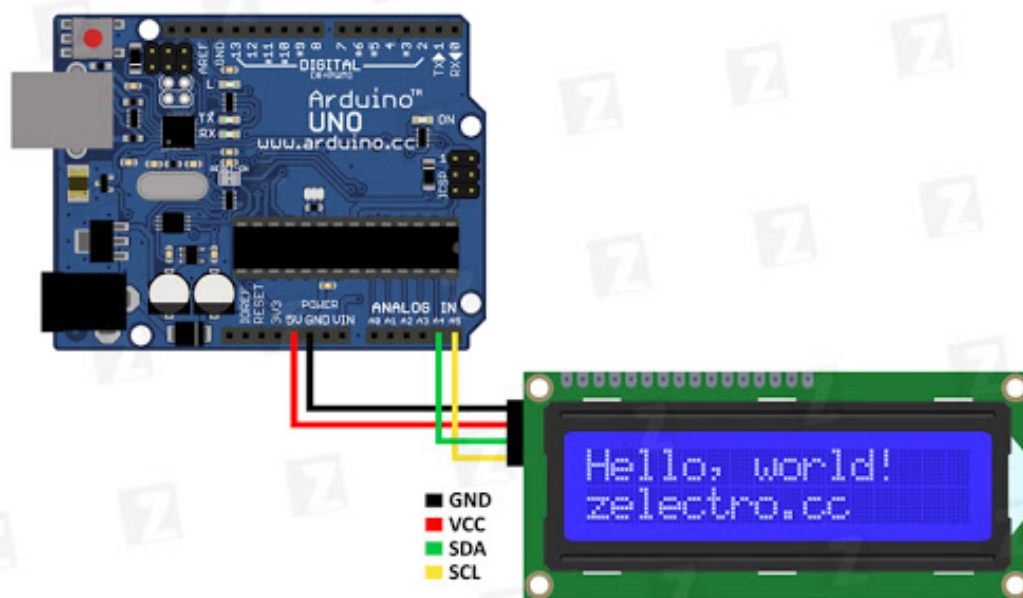


Рис.2.19 Схема підключення дисплею

## 2.6 Програмування контролера Arduino

Для того, щоб розпочати програмування контролера Arduino треба скачати інтегроване середовище для розробки - Arduino IDE.

Arduino IDE використовується для написання і завантаження програм на Arduino-сумісні плати, а також, за допомогою ядер сторонніх виробників, на плати розробки інших виробників.

Вихідний код для середовища IDE випущений під загальнодоступною ліцензією GNU версії 2.

Програмування відбувається на мові C або C++.

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

gas | Arduino 1.8.10

Файл

Правка

Скетч

Инструменты

Помощь

✓

↶

📄

⬆️

⬇️

gas

```

#define MQ2pin (0)
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

SoftwareSerial HM10(2, 3);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
char appData;
String inData = "";
float sensorValue; // переменная для хранения значения датчика
int piezoPin = 5;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  HM10.begin(9600);
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  delay(1000); // дать MQ-2 время для прогрева
}

void loop()
{
  HM10.listen();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Press F");
  while (HM10.available() > 0) { // if HM10 sends something then read
    appData = HM10.read();
    inData = String(appData); // save the data in string format
    Serial.write(appData);
  }

  if (Serial.available()) { // Read user input if available.
    delay(10);
    HM10.write(Serial.read());
  }
  if ( inData == "F" ) {
    lcd.clear();
    lcd.print("Gas: ");
    lcd.print(String(sensorValue));
    sensorValue = analogRead(MQ2pin);
  }
  if ( inData == "N" ) {
    lcd.clear();
    lcd.print("Press F");
  }
}

```

Рис.2.20 Програмный код для керування датчиком

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Оцінка рівня технологічності

Технологічність виробу – це властивість, завдяки якій можливо здійснити оцінку на скільки швидко, економічно та раціональність можливо провести складання окремих деталей, складальних одиниць та приладів в готову до експлуатації продукцію.

Виріб вважається технологічним тоді, коли його конструкція має невисоку трудомісткість та собівартість, короткий цикл складання, при складанні виконуються простіші операції, і використовують автоматизовані системи для пришвидшення процесу складання виробу.

При проведенні оцінки виробу на технологічність висувають ряд вимог, а саме:

- зменшення показника трудомісткості;
- використання уніфікованих деталей;
- пришвидшення процесу складання;
- використання типових технічних процесів.

#### 3.2. Розрахунок основних показників технологічності

Показник трудомісткості виробу  $T_e$  включає в себе трудомісткість всіх складальних та випробувальні операції, які виконуються під час процесу виготовлення:

$$T_e = \sum T_{шт.к.i},$$

де  $T_{шт.к.i}$  - штучно-калькуляційний час (трудомісткість кожної операції технологічного процесу).

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Конструкція лазерного гравера складається з 25 деталей. На виготовлення цих деталей витрачено 100 нормо-годин ( $T_{\epsilon} = 100 \text{ нормо-годин}$ ).

Критерій технологічності  $K_{\epsilon m}$  визначається, як відношення показника трудомісткості  $T_{\epsilon}$  до базового показника трудомісткості  $T_{\epsilon b}$  (102 нормо-годин):

$$K_{\epsilon m} = \frac{T_{\epsilon}}{T_{\epsilon b}}$$

$$K_{\epsilon m} = \frac{100}{102} = 0,98$$

Для визначення критерія уніфікації необхідно визначити кількість уніфікованих деталей та загальну кількість деталей виробу.

$$K_y = \frac{N_y + n_y}{N + n},$$

де  $N_y, n_y$  - кількість уніфікованих складальних одиниць і деталей в конструкції,  $N, n$  - число всіх складальних одиниць і деталей у виробі.

У змодельованому пристрої присутні уніфіковані складальні одиниці та деталі, а саме  $N_y = 5$ ,  $n_y = 14$ ,  $N = 5$ ,  $n = 41$ .

$$K_y = \frac{5 + 14}{5 + 41} = 0,4$$

Оскільки, розраховане значення критерію уніфікації потрапляє в діапазон  $K_y = 0,25 \dots 0,5$ , то виріб має задовільну технологічність.

Коефіцієнт уніфікації складальних одиниць виробу  $K_{yN}$  визначається, як відношення кількості уніфікованих складальних одиниць до загального числа складальних одиниць у виробі.

$$K_{yN} = \frac{N_y}{N}$$

					ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



$$K_{yN} = \frac{5}{5} = 1.$$

Коефіцієнт уніфікації складальних одиниць виробу  $K_{yN} > 0,4$  тому технологічність хороша.

Коефіцієнт уніфікації деталей виробу  $K_{yn}$  визначається, як відношення кількості уніфікованих деталей до загального числа деталей у виробі.

$$K_{yn} = \frac{n_y}{n}$$

$$K_{yn} = \frac{14}{41} = 0,34.$$

Оскільки, розраховане значення коефіцієнт уніфікації деталей виробу в діапазон  $K_{yn} = 0,3 \dots 0,6$ , то виріб має задовільну технологічність.

### 3.3. Структурна схема складання

Під час підготовки виробу до складання розробляють структурну схему виробу. На ній вказується основна структура виробу, кількість складальних одиниць, найменування і кількість необхідних деталей. Дана схема виконує завдання комплектуючої карти для складання виробу. На схемі вказуються основні напрямки процесу складання виробу, визначається кількість складальних операцій. Виконавши побудову цієї схеми можливо визначити взаємозв'язок між елементами конструкції.

Структурна схема складання відрізняється від технологічної схеми тим, що вона не дає чіткого уявлення про порядок проведення складання основних частин виробу.

Побудовану схему використовують для виробничих служб на виробництві, яка вказує на зв'язок між деталями та кількість необхідну для проведення складання одиниці виробу або його складальної одиниці.

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

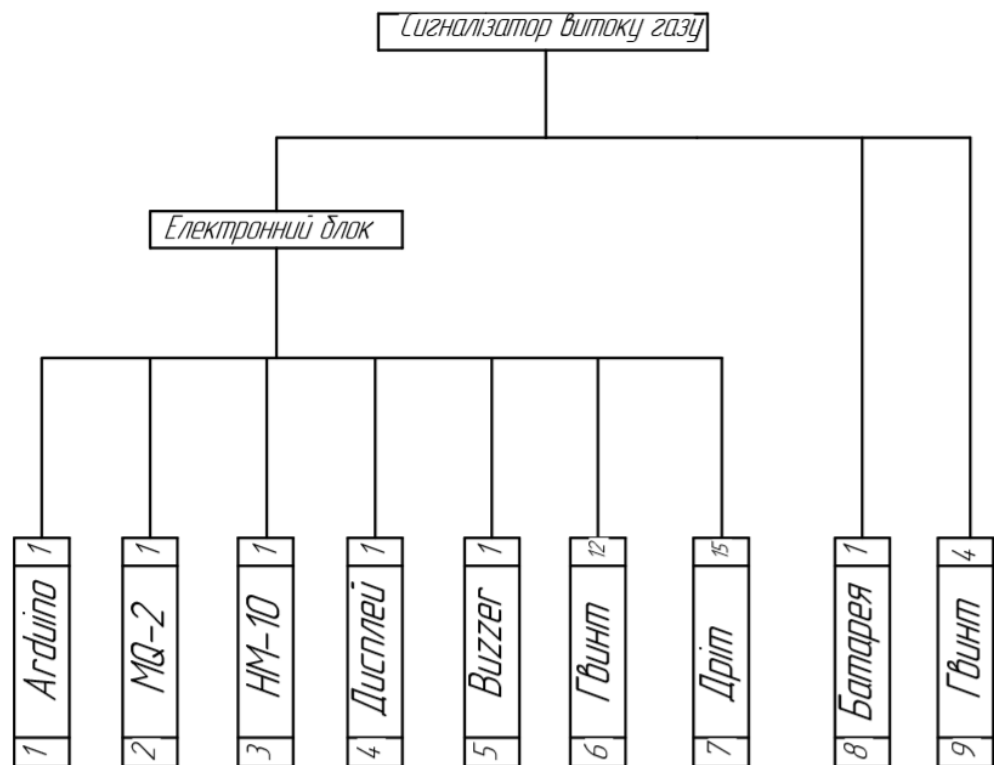


Рис. 3.1 Структурна схема

### 3.4. Технологічна схема складання

Послідовність збирання, способи забезпечення з'єднань, періодичність та зміст процесу регулювання, випробування та контролю визначає технологічна схема складання (рис. 3.2). Деталі та складальні одиниці цієї схеми виконуються у вигляді прямокутників, поділених на три частини, аналогічно зображенню їх на схемі складального складу. В першій частині прямокутника проставляється номер позиції деталі згідно специфікації, у другій – її найменування, в третій – кількість деталей даного найменування, що використовуються при збиранні в цьому проході.

Технологічна схема складання, сприяючи аналізу конструкції приладу з технологічної точки зору, дозволяє вносити зміни в конструкцію приладу, що спрощують технологічний процес.

Технологічна схема складання, представляючи собою наглядне зображення складального процесу, є основним документом, що фіксує технологічний процес складання.

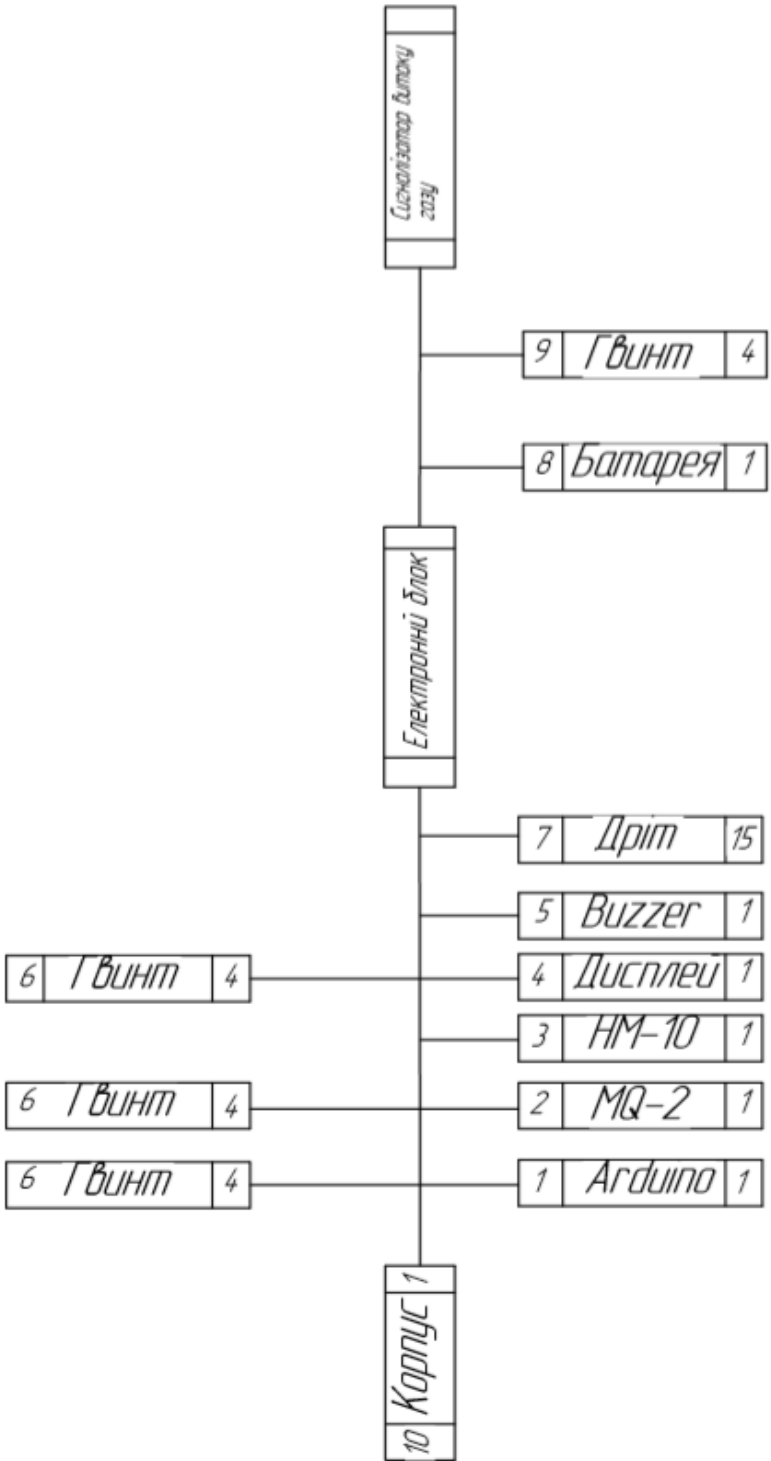


Рис.3.2 Технологічна схема

### 3.5. Розрахунок розмірного ланцюжка

При збиранні пружного елемента з екраном, що переміщується, необхідно забезпечити як можна більш точне розміщення екрану ; по центру симетрії пружини 2. Для цього складається і розраховується схема розмірного ланцюжка збирання.

Схема розмірного ланцюжка показана на рис. 3.4.

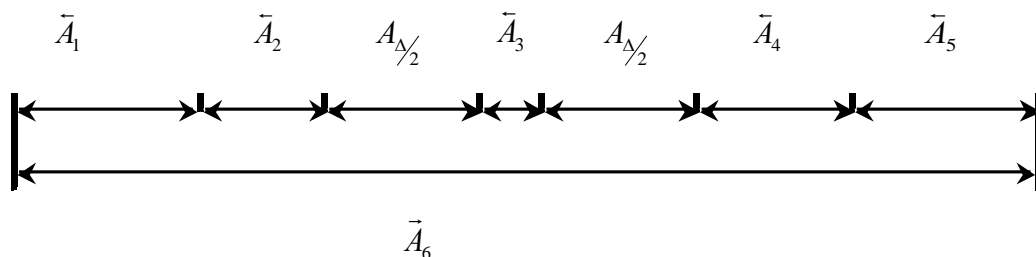


Рис.3.3 Схема розмірного ланцюжка

В таблиці 1 приведено номінальні значення складових ланок розмірного ланцюжка та їх допустимі відхилення.

Таблиця 3.1

Ланка	Номінальний розмір	Допустиме відхилення
A <sub>1</sub>	30	+0,1
A <sub>2</sub>	13	-0,06
A <sub>3</sub>	10	+0,01
A <sub>4</sub>	22	-0,06
A <sub>5</sub>	30	+0,1
A <sub>6</sub>	150	+0,3

Вирішимо інше завдання, що полягає у визначенні розміру та допуску зазору.

В розмірному ланцюжку  $\bar{A}_6$  - збільшуюча ланка, а  $\bar{A}_1, \bar{A}_2, \bar{A}_3, \bar{A}_4$  та  $\bar{A}_5$  - зменшуючі ланки. Оскільки всі ланки розмірного ланцюжка паралельні, то номінальний розмір замикаючої ланки  $A_\Delta$ , що є сумою двох рівних ланок  $A_{\Delta/2}$ , дорівнює:

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^n A_{i3б} - \sum_{i=1}^n A_{i3м} = 150 - (30 + 13 + 10 + 22 + 30) = 45 \text{ мм},$$

відповідно

$$\frac{A_\Delta}{2} = 22,5 \text{ мм}.$$

Визначимо допуск замикаючої ланки на випадок повної взаємної замінності:

$$\sigma_\Delta = \sum_{i=1}^n |\sigma_i| = 0,1 + 0,06 + 0,01 + 0,06 + 0,1 + 0,3 = 0,63 \text{ мм},$$

$$\sigma_{\Delta/2} = \frac{0,63}{2} = 0,315 \text{ мм}.$$

Координата середини поля допуску замикаючої ланки  $K_3$  обчислюється за формулою:

$$K_3 = \sum_{i=1}^n K_{i3б} - \sum_{i=1}^n K_{i3м} = 0,15 - (0,05 + 0,05 + 0,005 - 0,03 - 0,03) = 0,105 \text{ мм}$$

$$K_{3/2} = \frac{0,105}{2} = 0,0525 \text{ мм}.$$

Верхнє та нижнє відхилення розміру замикаючої ланки:

$$\sigma_{\Delta\delta} = K_3 + 0,5 \cdot \sigma_\Delta = 0,105 + 0,5 \cdot 0,63 = 0,42 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\Delta\delta/2} = \frac{0,42}{2} = 0,21 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\Deltaн} = K_3 - 0,5 \cdot \sigma_\Delta = 0,105 - 0,5 \cdot 0,63 = -0,21 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\Deltaн/2} = \frac{-0,21}{2} = -0,105 \text{ мм}.$$

Таким чином, у випадку повної взаємної замінності:

$$\frac{A_\Delta}{2} = \left( \begin{matrix} 22,5 & +0,21 \\ & -0,105 \end{matrix} \right) \text{ мм}.$$

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Визначимо допуск замикаючої ланки теоретико-вірогіднісним методом (неповної взаємної заміності):

$$\sigma_{\Delta} = \frac{1}{3} t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^n (K_i)^2 \cdot (\xi_i)^2 \cdot (\sigma_i)^2}.$$

Припускаючи, що закони розподілення складових розмірів ланцюжка нормальні, та з врахуванням того, що  $|\xi_i| = 1$  при вірогіднісним ризикові в 0,27%,  $t_{\Delta} = 3$ ,  $K_i = 1$ , а також оскільки це велико серійне виробництво, то поле розсіювання замикаючої ланки дорівнює:

$$\sigma_{\Delta} = \frac{1}{3} \cdot 3 \sqrt{0,1^2 + 0,06^2 + 0,01^2 + 0,06^2 + 0,1^2 + 0,3^2} = 0,342 \text{ мм}.$$

З врахуванням коефіцієнтів відносного розсіювання розмірів  $\alpha_i$ , значення яких для ланок розмірного ланцюжка дорівнює 0, визначимо координату середини поля розсіювання замикаючої ланки:

$$K_z = \sum_{i=1}^n (K_{i\delta} + 0,5 \cdot \alpha_i \cdot \sigma_{i\delta}) - \sum_{i=1}^n (K_{i\text{зм}} + 0,5 \cdot \alpha_i \cdot \sigma_{i\text{зм}}) = 0,1 + 0,5 \cdot 0 \cdot 0,3 - \\ - [(0,05 + 0,5 \cdot 0 \cdot 0,1) + (-0,03 - 0,5 \cdot 0 \cdot 0,06) + (0,005 + 0,5 \cdot 0 \cdot 0,01) + \\ + (-0,03 - 0,5 \cdot 0 \cdot 0,06) + (0,05 + 0,5 \cdot 0 \cdot 0,1)] = 0,105 \text{ мм}.$$

Верхня та нижня межі поля розсіювання зазору:

$$\sigma_{\Delta\delta} = K_z + 0,5 \cdot \sigma_{\Delta} = 0,105 + 0,5 \cdot 0,342 = 0,276 \text{ мм}$$

$$\sigma_{\Delta\delta/2} = \frac{0,276}{2} = 0,138 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\Delta\text{н}} = K_z - 0,5 \cdot \sigma_{\Delta} = 0,105 - 0,5 \cdot 0,342 = -0,066 \text{ мм}$$

$$\sigma_{\Delta\text{н}/2} = \frac{-0,066}{2} = -0,033 \text{ мм}.$$

Таким чином, при неповній (частковій) взаємній заміності замикаюча ланка:

$$\frac{A_{\Delta}}{2} = \left( 22,5 \begin{matrix} + 0,138 \\ - 0,033 \end{matrix} \right) \text{ мм}.$$

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

В результаті виконання дипломного проекту було розроблено конструкцію сигналізатора витоку газу, який керується за допомогою смартфона. Виконано огляд існуючих сигналізаторів та розглянуто їх принцип дії. Також, було проведено розрахунок датчику газу. Розроблено 3D модель кімнати та проведено симуляцію витоку газу. Визначено оптимальну позицію розташування сигналізатора газу.

В подальшому можливо виконати модернізацію конструкції, а саме реалізувати передачу даних про концентрацію газу на телефон, зменшити габаритні розміри шляхом заміни Arduino Uno на Arduino Nano, замінити датчик MQ-2 на MQ-4, який орієнтований на вимірювання концентрації саме метану.

Отже, розроблена конструкція має невеликі габаритні розміри та можливо легко виконати заміну основних деталей.

					<i>ДІП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Типы сигнализаторов загазованности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pulsenn.ru/polezno-znat/tipyi-signalizatorov-zagazovannosti.html>
2. Для чего нужен сигнализатор газа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.0542.ua/news/514508/dla-cego-nuzen-signalizator-gaza>
3. Датчик утечки газа. Виды и работа. Установка и устройство. Применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/datchik-utechki-gaza/>
4. Gas detector [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gas\\_detector](https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_detector)
5. Датчик широкого спектра газов MQ-2 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:mq2>
6. Перевести дыхание: датчики Winsen для контроля качества воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/84967>
7. Датчик газа MQ-2 подключение к Arduino nano [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://avr-cpp.blogspot.com/2019/02/mq-2-arduino-nano.html>
8. Technical data. MQ-2 gas sensor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/MQ-2/MQ-2.pdf>
9. Метан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecodevelop.ua/ru/dictionary/metan/>
10. Arduino Uno [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
11. Модули HM-10 Bluetooth 4 BLE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://microsin.net/programming/avr/hm-10-bluetooth-4-blemodules.html>

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



12. Подключение дисплея LCD 1602 к arduino по i2c / ПС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino-master.ru/datchiki-arduino/lcd-i2c-arduino-display-ekran/>

13. Дипломний проект бакалавра: організація, вимоги до структури, змісту та оформлення [Текст]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського: уклад.: О. К. Нікітін, В. М. Зайцев. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 173 с.

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додатки

					ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53



					ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются автономные необитаемые подводные аппараты зарубежных производителей. Приведены их технические характеристики и их целевое назначение.

**Ключевые слова:** автономный, подводный, малогабаритный, аппарат.

### ВСТУПЛЕНИЕ

Автономное необитаемое подводное устройство (АНПА) - это технология, которая широко используется в океаническом поле. Как следует из названия, автономное подводное транспортное средство представляет собой морскую технологию, которая не нуждается в каком-либо физическом управлении ни одним человеком, пока его вводят в воду.

### ОБЗОР

Преимуществом такой морской технологии является то, что они могут использоваться в самых разных областях: от коммерческих до военных и разведывательных целей.

Большая часть АНПА относится к малогабаритным подводным аппаратам (масса менее 50 кг). Основными спонсорами разработок и производства автономных аппаратов являются оборонные ведомства государств. Лидерами в этой области являются Япония, Канада, Норвегия, США, Германия.

### ОСНОВНОЙ ТЕКСТ

Техническое оснащение малогабаритных АНПА позволяет им решать различного рода задачи на глубинах от 10 до 3000 м. Главными классификационными признаками АНПА являются их целевое назначение, конструктивный облик, массогабаритные характеристики, тип двигателя и системы энергообеспечения [1]. По целевому назначению АНПА делятся на:

- для коммерческих целей: нефтяные буровые и подводные буровые компании используют помощь АНПА для проверки соответствующей океанической зоны в соответствии с их деловой необходимостью;
- для военных целей: АНПА используются, чтобы выяснить, есть ли мины-ловушки, установленные на дне океана. Когда дело доходит до военного использования, АНПА - лучшая технология разведки, которая может использоваться для подводных целей;
- для исследовательских целей: АНПА используются для исследования морского дна не нарушая подводную экосистему. Кроме того, АНПА также могут использоваться для обнаружения рифов и других жизненных форм, существующих под водой.

					ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



Благодаря модульному принципу построения современных АНПА практически все они являются многоцелевыми. По массе АНПА делятся на большие, средние, малые, мини и микро (АПМА).

К автономным подводным микроаппаратам (АПМА) относятся аппараты масса которых не более 20 кг (рис. 1). Основные технические характеристики микро АПМА: дальность 1-2 морских миль, рабочая глубина погружения не более 150 м; скорость хода составляет 1,5-2 узла.

Мини-АНПА - это аппараты массой от 20 до 100 кг. Дальности плавания мини АНПА - от 0,5 до 4000 морских миль. Самые известные мини-АНПА это проекты REMUS 100 (рис. 2), Gavia, SeaLion (BlueFin 9), Spray Glider, Slocum Glider I/II и Sea Glider. Последние три АНПА являются планерами с системой движения на основе изменения остаточной плавучести [2].



Рисунок 1. АПМА



Рисунок 2. Мини-АНПА REMUS 100

Малые АНПА - это аппараты массой от 100 до 500 кг. Типичные представители малых АНПА - проекты AQUA EXPLORER 2 (Япония), BRAUV, Odyssey III, SAUV II (рис. 3) и Ocean Explorer. Все эти аппараты произведены в США.

Масса средних АНПА составляет от 500 до 2000 кг. Типичные представители средних АНПА это - проекты REMUS 6000 (США), ARCS (Канада), HUGIN 1000/3000 (Норвегия) (рис. 4), Wayamba (Австралия) [3].



Рисунок 3. Мини-АНПА SAUV II



Рисунок 4. Средний АНПА проекта HUGIN 1000

Большие АНПА - аппараты массой более 2000 кг. Представители больших АНПА - проекты LAZARUS (США), Alistar 3000 (Франция) (рис. 5), AutoSub (Великобритания) и SEAHORSE (США).



Рисунок 5. Проект Alistar 3000

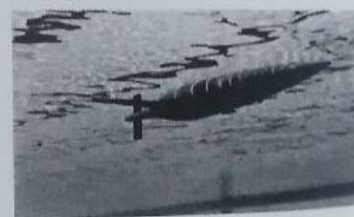
По форме корпуса различают следующие типы АНПА (таблица 1) [4,5]:

Таблица 1. Классификация АНПА по форме корпуса

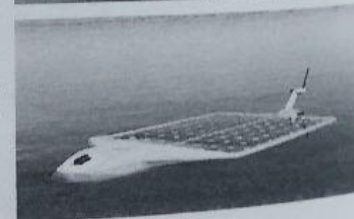
**Классические.** Обладают цилиндрической, торпедообразной, каплеобразной, сигарообразной, плоской и комбинированной формами.



**Планерные.** Двигаются за счет изменения собственной плавучести подводного АНПА.



**Плоские.** На верхней плоской части корпуса АНПА располагаются солнечные батареи.



ХІІ Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДІВАННІ», 4-5 грудня 2018 року, КНУ ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

**Бионические.** Различают плавающего и ползающего типа. Двигутся за счет плавников, волнового движения тела и конечностей.



АНПА использует компьютерную систему, которая может быть укомплектована с корабля или военно-морского судна, с которого оно запускается или разворачивается. Также включено оборудование, такое как компасы, гидролокаторы и терморезисторы.

#### ВЫВОД

Основными преимуществами АНПА перед аппаратами других типов являются: отсутствие кабель-тросовой связи с судном-носителем и соответственно определяемых ею недостатков; способность функционировать в местах, недоступных для других типов ПА; скрытность функционирования; высокая мобильность.

АНПА является очень важной разработкой и заслуживает соответствующей оценки и признания.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Необитаемые подводные аппараты: состояние и общие тенденции развития [Электронный ресурс] Л. Бочаров – Режим доступа: [http://www.electronics.ru/files/article\\_pdf/0/article\\_286\\_934.pdf](http://www.electronics.ru/files/article_pdf/0/article_286_934.pdf)
2. ПЕРСПЕКТИВЫ И КОНЦЕПЦИИ РАЗРАБОТКИ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ. [Электронный ресурс] О.С. Голод, А.И. Гончар, Л.И. Шлычек – Режим доступа: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/19199/11-Golod3.pdf?sequence=1>
3. Everything You Ever Wanted to Know About Autonomous Underwater Vehicle (AUV). [Электронный ресурс] // marine insight – Режим доступа: <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/everything-you-ever-wanted-to-know-about-autonomous-underwater-vehicle-auv/>
4. Морские роботы: подводные системы [Электронный ресурс] // GOLOS – Режим доступа: <https://golos.io/goldvoice/@teeves/morskie-roboty-podvodnyie-sistemy>
5. Каталог подводных роботов [Электронный ресурс] // RoboTrends- Режим доступа: <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-podvodnyh-robotov>

Научный руководитель – д.т.н., доцент Киричук Ю.В.

					ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

*XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та  
молодих вчених*

## **"ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ"**

13-14 травня 2020 р.  
м. Київ, Україна

### **Збірник праць конференції**



КИЇВ 2020

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



УДК 551.46.07

Д.Р. Одайник, студент гр. ПМ-61  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

### БІОМОРФНІ ЛІТАЮЧІ ДРОНИ

В даній роботі представлені існуючі біоморфні літаючі роботи (дрони), їх конструкція, технічні характеристики принцип руху. Розглянуті основні переваги та тенденції розвитку біоморфних роботів.

Ключові слова: Festo, робот, дрон, чайка, робот-бабка, пристрій, біоморфний.

#### ВСТУП

За півстоліття свого існування промислова робототехніка зробила великі успіхи. Але найдосконаліші руки, ноги і крила винайшли не люди, а природа. Тому замість створення роботів «з нуля» чи не варто просто скопіювати тварин?

#### BIONIC FLYING FOX [1]



Рисунок 1. Bionic Flying Fox

Німецька компанія Festo представила свою нову розробку - летючу лисицю BionicFlyingFox. Прототипом цього роботу стала особлива порода кажанів.

Загальна довжина пристрою становить 87 см, розмах крил - 228 см, загальна вага - 580 г. Крила зроблені з легкого, але дуже міцного, еластичного та зносостійкого матеріалу. Матеріал складається з 2 шарів водонепроникної плівки і 1 середнього шару тканини. Всі три шари скріплені спеціальним зварюванням в 45 точках кріплення. Завдяки багатошаровості, поява навіть мікротріщин на крилах робота практично виключена. Також важливо відзначити, що робот здатний літати і при пошкоджених крилах.

Крила BionicFlyingFox [1] складаються з двох площин, які оснащені окремими моторами і мають окремі центри керування, хоча і пов'язані механікою [5]. Встановлений в корпусі апарату більший і продуктивний двигун забезпечує основну тягу і подає махове зусилля на обидва крила (Рисунок 2).

Робот має власне джерело енергії та майже повністю автономний. Проте, керувати пристроєм може оператор за допомогою вбудованих в корпус камер. У систему також закладена технологія штучного інтелекту і функції самонавчання. Тобто будь-який маневр робот буде виконувати все краще з кожним наступним разом.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

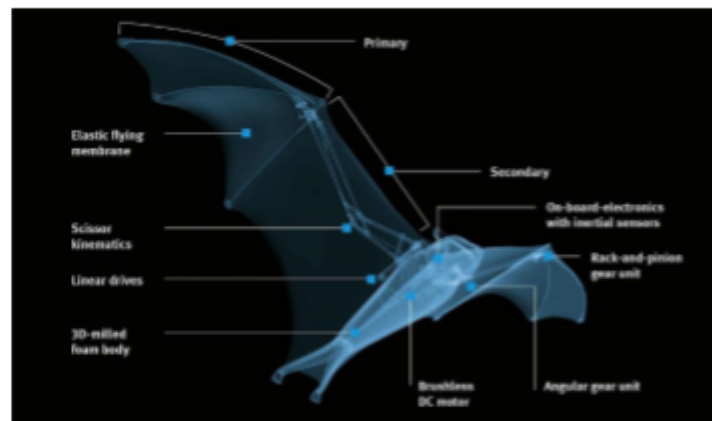


Рисунок 2. Конструкція Bionic Flying Fox

### BIONICOPTER



Рисунок 3. Bbionicopter

Для створення робота Bionicopter компанія Festo запозичила технічні характеристики польоту у бабки. Як і його біологічний побратим дрон може здійснювати маневри в усіх напрямках, зависати на місці і парити в повітрі, не махаючи крилами.

Кожне з чотирьох крил робота має корпус з вуглецевого волокна [3], покритий поліефірною мембраною, і може розгортатися до 90 градусів по горизонталі. Довжина робота від голови до хвоста становить 44 см. Загальна вага робота становить всього в 175 г. Корпус і механічні системи зроблені з алюмінію, поліаміду і потрібного сополімера (ABS).

В серці дрона знаходиться ARM мікроконтролер, який обчислює всі параметри, пов'язані з механічним регулюванням. Складні послідовності рухів обробляються програмним забезпеченням і електронікою, змушуючи оператора займатися тільки керуванням руху [5]. Модель працює від двох батарей LiPo і може віддалено керуватися за допомогою смартфона або цифрового передавача з частотою бездротового модуля в 2,4 ГГц.

ХІІІ Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє: приладобудування», 13-14 травня 2020 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Робот BionicOpter здатний маневрувати вгору і вниз, вперед і назад і в сторони. При пропусканні електричного струму через чотири "м'язи" робота, оператор може рухатися з одного боку в бік, а хвіст може рухатися вгору і вниз. (Рисунок 4) [5].

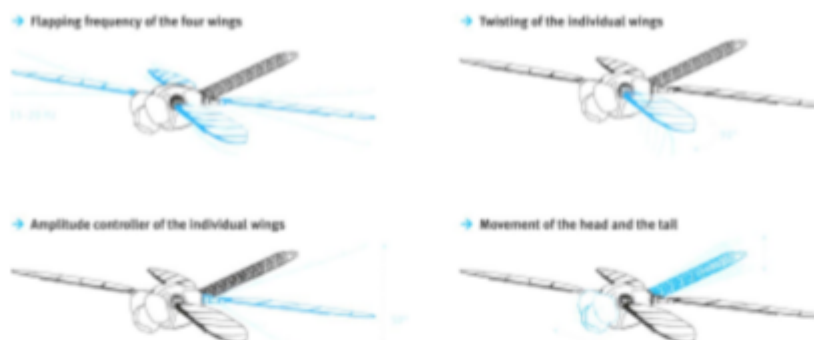


Рисунок 4. Напрямки руху крил

### SMARTBIRD



Рисунок 5. Smartbird

Багато роботів здатні літати, але жоден з них не літає, як справжній птах. Так було до тих пір, доки інженер Маркус Фішер і його команда з німецької компанії Festo сконструювали надлегкого робота, який отримав назву SmartBird [4]. Метою було створення надлегких енергоефективних механізмів, вивчення властивостей повітря і повітряних потоків стосовно до таких механізмів [2].

Вага робота становить всього 450 г, розмах крил - 1,96 м. Надлегкий літаючий робот, який отримав назву SmartBird може самостійно злітати, літати і приземлятися без допомоги будь-яких додаткових систем приводу.

Крила робота не тільки б'ються вгору і вниз, за допомогою важільного механізму, що збільшує ступінь відхилення для збільшення від тулуба до кінчика крила, але також і закручуються під певним кутом уздовж їх довжини так само, як це робить справжній птах, так що передній край спрямований вгору під час ходу вгору.

Направлене керування досягається за рахунок протилежного руху голови і тулуба робота, яка синхронізується за допомогою двох електродвигунів і кабелів. Як і в випадку з птахом, хвіст SmartBird забезпечує підйом і дозволяє контролювати напрямок польоту.

Усередині торса SmartBird знаходяться акумулятор, двигун і трансмісія, кривошипно-шатунна трансмісія, електроніка керування і регулювання [5].

Положення крила і крутіння можуть контролюватися за допомогою двостороннього радіозв'язку по протоколу ZigBee і можуть регулюватися і оптимізуватися в реальному часі під час польоту [5].

За словами Festo, розробка SmartBird надала інформацію, яка може допомогти в різних областях. Мінімальне використання матеріалів роботом і легка конструкція допоможуть підвищити ефективність використання ресурсів та енергії [6], в той час як функціональна інтеграція його з'єднаних приводних блоків дала ідеї, які можуть перейти до розробки технології гібридного приводу.

### ВИСНОВОК

Природа відкриває перед інженерами і вченими нескінченні можливості по запозиченню технологій та ідей. Раніше люди були не здатні побачити те, що знаходиться у них буквально перед носом, але сучасні технічні засоби і комп'ютерне моделювання допомагає розібратися в тому, як влаштований навколишній світ, і спробувати скопіювати з нього деякі деталі для власних потреб. Запозичені у природи форми, рухи, кінцівки у біоморфних роботах дозволяють їм рухатись з меншими витратами енергії та вписуватись в навколишній світ.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Робот-летучая лисица BionicFlyingFox – очередная биовдохновленная разработка от Festo — Режим доступа: [https://www.rc-hobby.com.ua/infocenter/novosti-i-sobytiya/robot\\_letuchaya-lisitsa-bionicflyingfox-\\_ocherednaya-biovdokhnovlennaya-razrabotka-ot-festo/](https://www.rc-hobby.com.ua/infocenter/novosti-i-sobytiya/robot_letuchaya-lisitsa-bionicflyingfox-_ocherednaya-biovdokhnovlennaya-razrabotka-ot-festo/)
- [2] BionicOpter — Режим доступа: [https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/248133/Festo\\_BionicOpter\\_en.pdf](https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/248133/Festo_BionicOpter_en.pdf)
- [3] Festo демонстрирует BionicOpter – инновационного робота-стрекозу — Режим доступа: [https://www.rc-hobby.com.ua/infocenter/novosti-i-sobytiya/robot\\_letuchaya-lisitsa-bionicflyingfox-\\_ocherednaya-biovdokhnovlennaya-razrabotka-ot-festo/](https://www.rc-hobby.com.ua/infocenter/novosti-i-sobytiya/robot_letuchaya-lisitsa-bionicflyingfox-_ocherednaya-biovdokhnovlennaya-razrabotka-ot-festo/)
- [4] Festo creates SmartBird flying robotic seagull — Режим доступа: <https://newatlas.com/smartbird-robotic-seagull/18228/>
- [5] Безвесільна О.М. Перетворюючі пристрої приладів та комп'ютеризованих систем (Технологічні вимірювання та прилади): навчальний посібник для студентів приладобудівних спец. ВНЗ / Безвесільна О.М., Киричук Ю.В.; Житомир. держ. технол. ун-т. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 172с. с.
- [6] Безвесільна О.М. Засоби вимірювання екологічних параметрів: підручник /Безвесільна О.М., Войцицький А.П., Єльнікова Т.О., Киричук Ю.В. - Житомир: ЖДТУ, 2009. –508 с.

*Наук. керівник – д.т.н., проф. Киричук Ю.В.*



НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. І. СІКОРСЬКОГО»

Дипломний проект на тему:

«Побутовий вимірювач-сигналізатор концентрації газу в повітрі»

Виконав:

Одайник Д.Р., студент 4 курсу, ПМ-61

Керівник дипломного проекту:

Д.Т.Н., проф. Киричук Ю.В.

Київ - 2020

Арк.

64

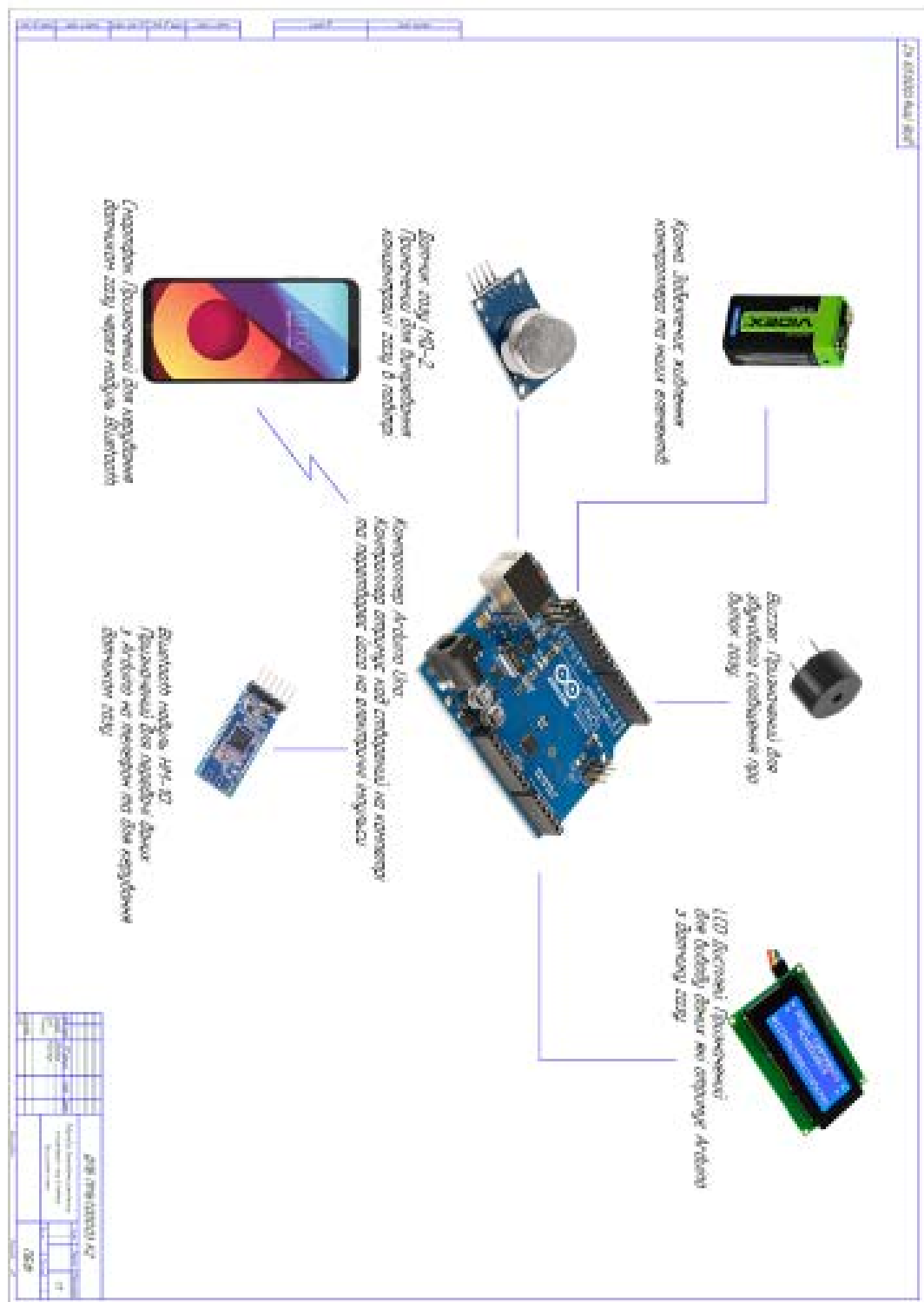
ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

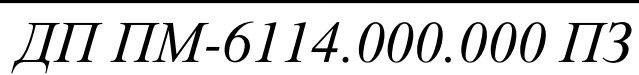
Метою дипломного проекту було проектування побутового  
вимірювача-сигналізатора концентрації газу в повітрі.

Процес керування сигналізатором виконується за допомогою  
смартфона до якого по bluetooth підключено контролер.

До контролера підключається датчик газу, bluetooth модуль, buzzer  
та дисплей. Живлення забезпечує батарея типу «крона».

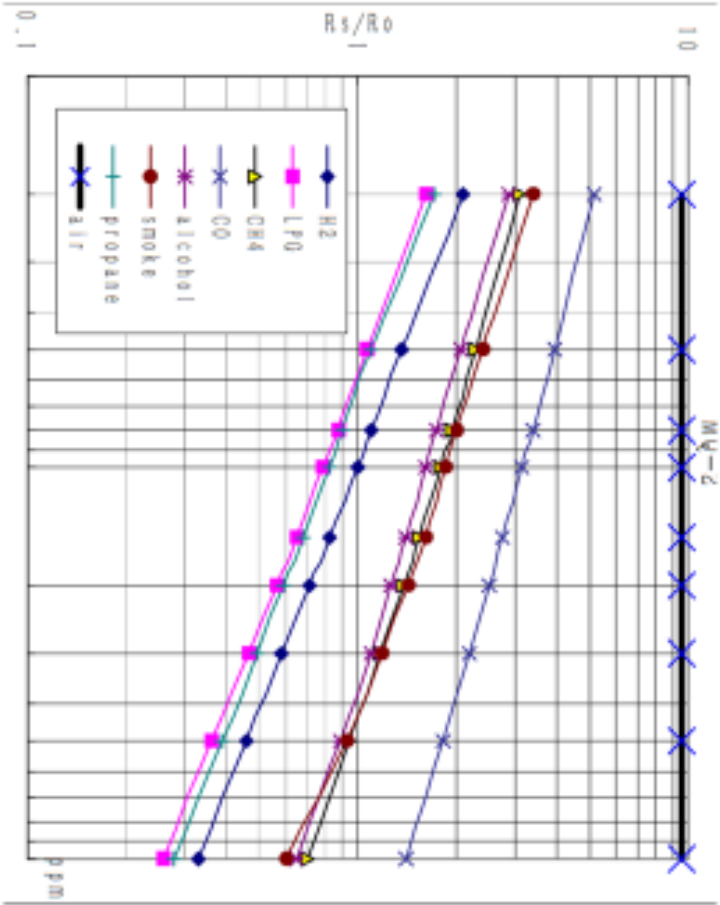


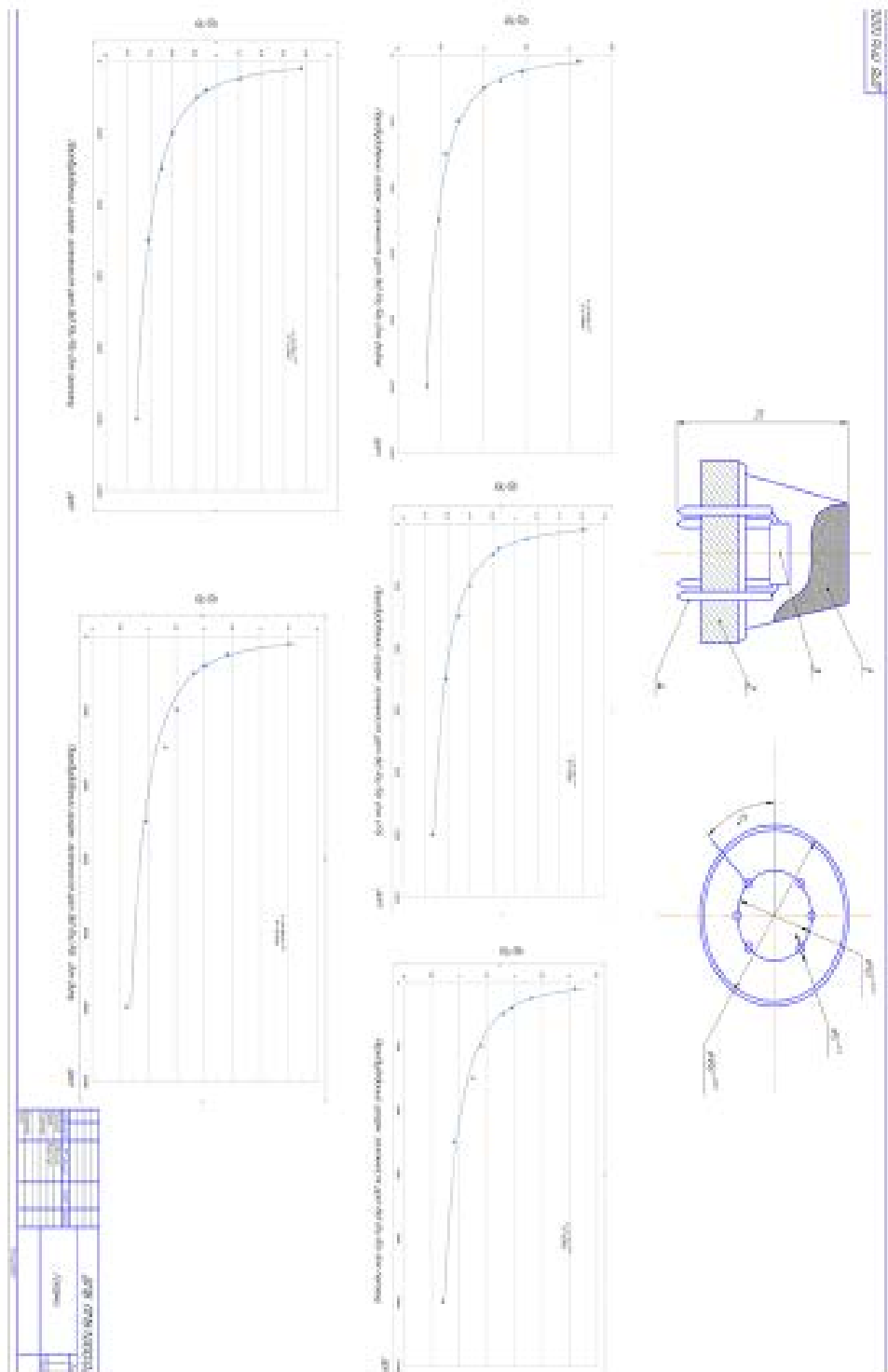






Датчик MQ-2 належить до напівпровідникових приладів. Принцип дії датчика заснований на зміні опору чутливого елемента при контакті з молекулами газу. Чутливий елемент напівпровідникових газоаналізаторів виготовляється з високоактивного оксиду металу.

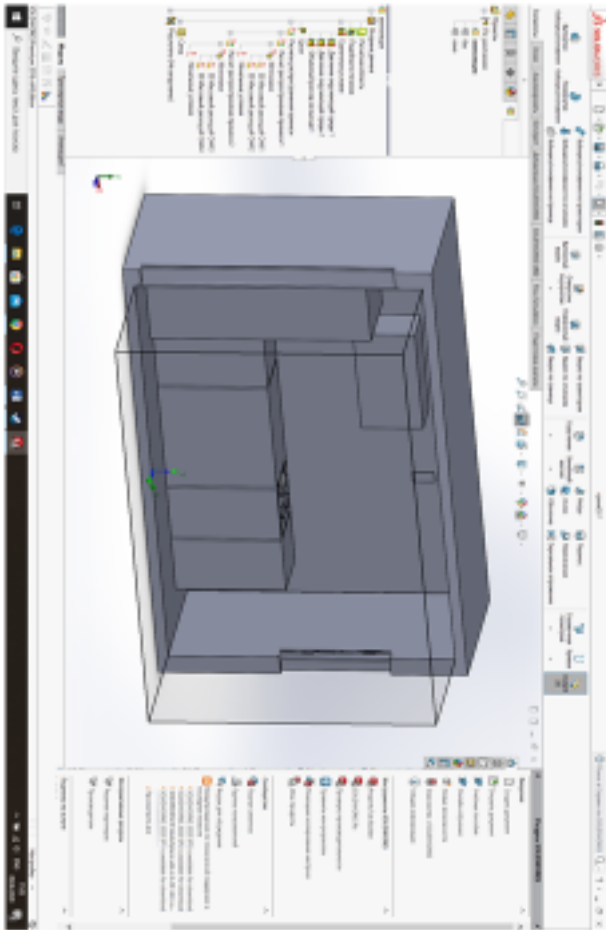


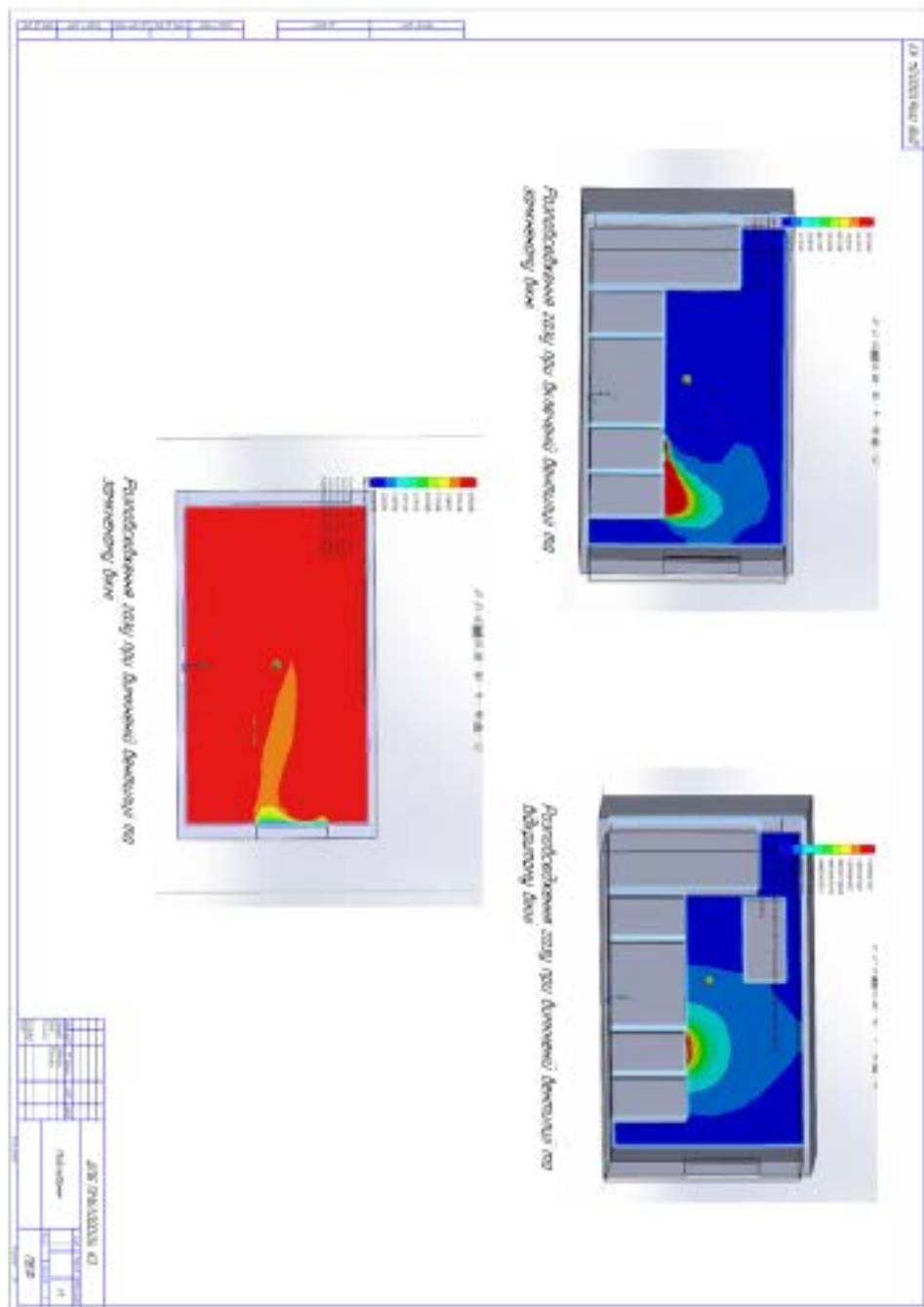


Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ

Для того щоб визначити оптимальне розміщення датчика у кімнаті проводиться симуляцію витоку газу. Для того, щоб зробити симуляцію витоку газу перш за все було створено модель кімнати.





Висновок

					<i>ДП ПМ-6114.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		